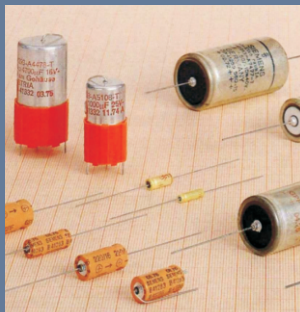
Praktična

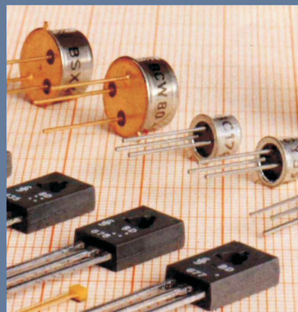
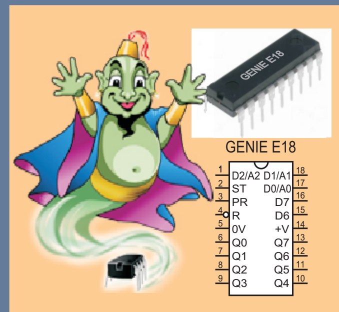
ELEKTRONIKA 1

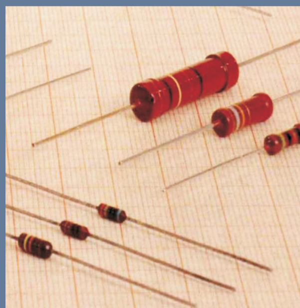
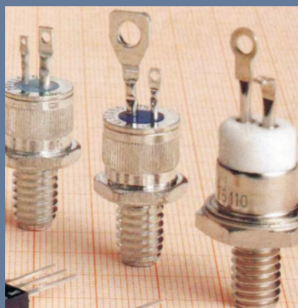
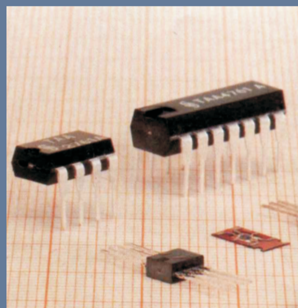
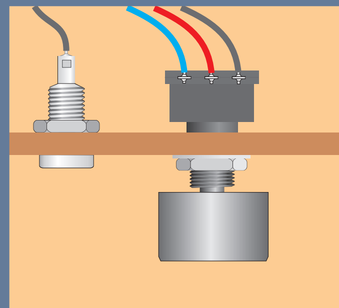
FIL.M.2016

Filipović D. Miomir

KOMPONENTE ELEKTRONSKIH UREĐAJA



PREDGOVOR

Kao što je rečeno na početnoj strani, *"Praktična* ELEKTRONIKA" je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave ispravljač, audio-pojačavač, radio-prijemnik, radio-predajnik, alarm i druge elektronske uređaje. Ova elektronska knjiga je prva iz serije, a posvećena je osnovnim komponentama elektronskih uređaja. Sledeće knjige su:

PE2 -PRAKTIČNA REALIZACIJA
ELEKTRONSKIH UREĐAJA,
PE3 - ISPRAVLJAČI,
PE4 - AUDIO-POJAČAVAČI,
PE5 - RADIO-PRIJEMNICI,
PE6 - RADIO-PREDAJNICI,
PE7 - ELEKTRONIKA ZA POČETNIKE i
PE8 - VESELA ELEKTRONIKA

U prvoj je opisano kako da sami napravite neki uređaj, a u ostalima su date električne šeme, kratak opis principa rada, izgled štampane pločice i opis postupka realizacije i podešavanja uređaja. Imajući u vidu radio amatersku izreku da "ni jedan radio ne svira tako dobro kao onaj koji ste sami napravili", nadamo se da će vam izrada i korišćenje elektronskih uređaja opisanim u knjigama iz serije *"Praktična* ELEKTRONIKA" doneti mnogo zadovoljstva, a, ako ste dovoljno preduzimljivi, i koristi.

Zatim slede:

PE9 - ELECTRONICS WORKBENCH
PR10 - CIRCUIT WIZARD
PE11 - MULTIMETAR i
PE12 - SVAŠTARA

U njima su su opisani programi za simulaciju elektronskih kola (PE9) i programiranje mikrokontrolera (PE10) i upotreba jednog jednostavnog instrumenta (PE11). Poslednja knjiga (PE12) je namenjena saradnicima sajta.

Na slikama ima i informacija koje ne možete da zapazite jer su toliko sitno nacrtane ili napisane da na prvi pogled izgledaju kao obične mrlje na ekranu. Da biste lepše videli te "mrlje", zumirajte slike koristeći naredbu *Marquee Zoom* ili pritiskom na dirke Ctrl+ i Ctrl-.

Za vežbu, uveličajte "mrlju" koja se nalazi u prvom slovu potpisa autora ove knjige, odmah iznad ovog teksta.



Pogledajte video klip PE0a u kome je objašnjeno kako se čita PDF dokument, ako se koristi program *Adobe Acrobate Professional*:
https://youtu.be/Z6TRjKCw0qQ



SADRŽAJ

Kada u sadržaju pronađete šta vas interesuje, kliknite na ikonicu Pages, pa na ikonicu strane.





Serija knjiga "Praktična ELEKTRONIKA" je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave ispravljač, audio-pojačavač, radio-prijemnik, radio-predajnik, alarm i mnoge druge elektronske uređaje. Knjiga koju čitate je prva iz serije, a posvećena je komponentama elektronskih uređaja.

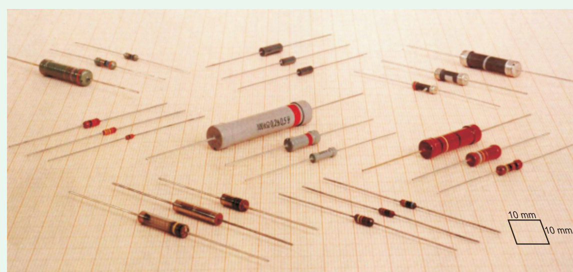


UVOD

Svi elektronski uređaji se sastoje od određenog broja otpornika, kondenzatora, transformatora, tranzistora, integrisanih kola i drugih komponenata, koje se na električnim šemama uređaja prikazuju pomoću svojih simbola i nekih od podataka. Da bismo razumeli kako taj uređaj radi, ili da bismo ga praktično relizovali ili popravili, neophodno je poznavati simbole i važnije karakteristike svih upotrebljenih komponenata, o čemu će biti reči u tekstu koji sledi.

1. OTPORNICI

Otpornici su najčešće korišćene komponente elektronskih uređaja, pomoću kojih se u pojedinim granama električnih kola uspostavljaju potrebne struje i potrebni padovi napona. Izgled nekoliko vrsta otpornika dat je na slici 1.1. (Zapazite da su otpornici poslagani na milimetarsku hartiju, na kojoj je rastojanje između dve deblje susedne linije jednako jedan centimetar, a između dve tanke jedan milimetar, što pruža mogućnost da se procene dimenzije otpornika.) Na slici 1.1a su otpornici male snage, koji se najčešće koriste u elektronskim uređajima o kojima će biti reči u sledećim brojevima "Praktične ELEKTRONIKE", a na slici 1.1b su otpornici većih snaga koji se ređe koriste u uređajima za široku potrošnju. Simbol kojim se otpornici predstavljaju na električnim šemama je na slici 1.2-a. (Gore je američki, dole evropski simbol.)



Sl. 1.1a. Otpornici malih snaga



Sl. 1.1b. Otpornici i reostati velikih snaga

Otpornici čije su snage manje od 5 W, a oni se najviše koriste, izrađuju se u obliku valjka iz koga, sa obe strane, izlazi po jedna žica pomoću koje se otpornik priključuje (lemi) u električno kolo (slika 1.1-a). Otpornici čije su snage veće od 5 W se prave tako što se na cilindrično telo od keramike namota otporna žica (slika 1.1-b). Ovakav otpornik može da bude smešten i u keramičko telo četvrtastog oblika, iz koga izlaze dve priključne žice.

Jedinica za merenje otpornosti je OM, a obeležava se velikim grčkim slovom Ω. Velike otpornosti se izražavaju u kiloomima (kΩ) i megaomima (MΩ). Na primer, otpornost od 120 000 Ω se piše kao 120 kΩ, a otpornost od 1 200 000 Ω kao 1,2 MΩ. Još kraće, ove dve otpornosti se označavaju sa 120 k i 1,2 M, s tim što se Ω podrazumeva. Pošto zarez može lako da se "izgubi" pri štampanju, ili da se previdi, na električnim šemama se on često izostavlja i umesto njega se upisuje prefiks k ili M. Tako se umesto 1,2 M piše 1M2, umesto 3,9 k piše se 3k9 i sl.

Kada pored otpornika na šemi stoji samo broj, bez bilo kakvog slova, onda on označava otpornost u omima. Na primer, kada pored otpornika ili zvučnika stoji broj 8, otpornost je 8 Ω. Često se otpornosti manje od 1000 Ω obeležavaju slovom E (ili R). Na primer, sa 120E (ili 120 R) se označava otpornost od 120 Ω, sa 1E2 otpornost od 1,2 Ω, itd.

1.1. Označavanje otpornosti otpornika

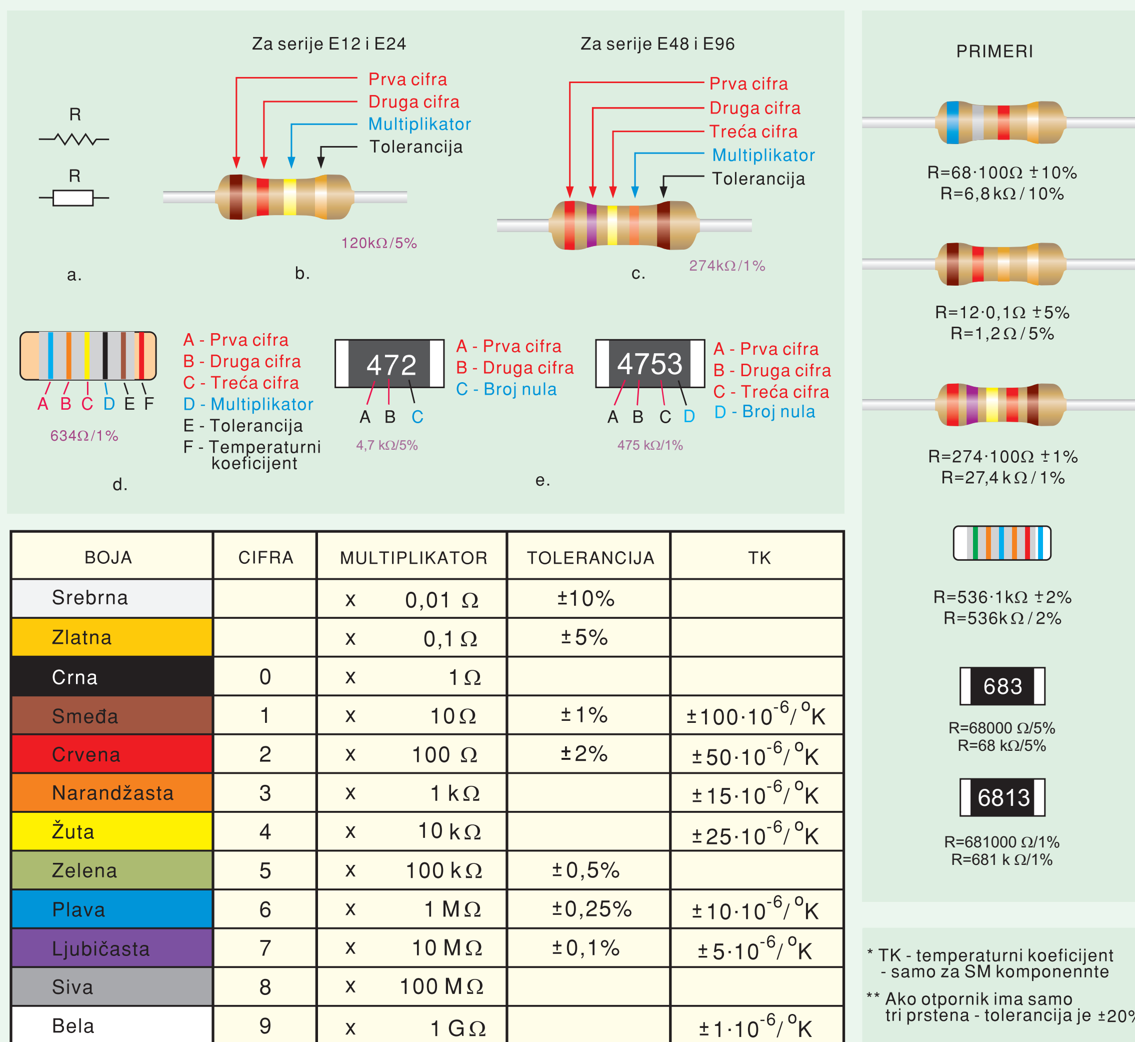
Veličina otpornosti je naznačena na samom telu otpornika. Po starijem načinu obeležavanja, koje se i danas koristi kod otpornika većih snaga, na telu otpornika je ispisana njegova otpornost u skraćenom obliku. Tako, na primer oznaka 6k8/10% znači da otpornik ima otpornost 6800 Ω ± 680 Ω. Šta znači ono ± 680 Ω? To je tolerancija. Jednostavno, proizvođač ovog otpornika ne garantuje da je otpornost tačno 6800 Ω, već da se ona nalazi u granicama od 6800 - 680 = 6120 Ω do 6800 + 680 = 7480 Ω, što omogućuje serijsku proizvodnju sa manje "škarta". Za ovaj otpornik se kaže da mu je tolerancija 10%. Proizvode se i otpornici sa tolerancijom od 5%, 2%, 1%, itd., ali su oni skuplji.

Kod otpornika manjih snaga, a takvi se najviše koriste, otpornost se najčešće označava pomoću prstenova u boji nacrtanih na telu otpornika. Značenje svake boje zavisi od mesta na kome se nalazi prsten, a njihove "vrednosti" su prikazane u tabeli na slici 1.2. Očitavanje otpornosti se vrši kao što je prikazano u primerima.

Broj prstenova je najčešće četiri, ali može da bude i tri, a i pet. Otpornik čija je otpornost označena sa četiri prstena prikazan je na slici 1.2b. Prva dva prstena označavaju prve dve cifre broja koji predstavlja otpornost, treći označava multiplikator (umnožavač) i četvrti veličinu tolerancije. Ako vam je tako lakše, možete da smatrate da treći prsten predstavlja broj nula koje treba dopisati broju koji čine prve dve boje.

U prvom primeru, prve dve boje su plava i siva, pa su prve dve cifre broja koji označava otpornost 6 i 8. Treća boja je crvena, što znači da se otpornost dobija tako što se broj 68 pomnoži sa 100 oma. Znači, otpornost je 6800 Ω, odnosno 6,8 kΩ. Boja četvrtog prstena je srebrna, pa je tolerancija jednaka 10%. Može i na, pominjani, drugi način. Broju 68 se dopišu dve nule, jer treća boja (crvena), prema drugoj koloni, ima vrednost 2.

Obeležavanje otpornosti pomoću pet prstenova (sl.1.2c) koristi se kod otpornika sa manjim tole-



BOJA	CIFRA	MULTIPLIKATOR	TOLERANCIJA	TK
Srebrna		x 0,01 Ω	±10%	
Zlatna		x 0,1 Ω	±5%	
Crna	0	x 1 Ω		
Smeđa	1	x 10 Ω	±1%	$\pm 100 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Crvena	2	x 100 Ω	±2%	$\pm 50 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Narandžasta	3	x 1 kΩ		$\pm 15 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Žuta	4	x 10 kΩ		$\pm 25 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Zelena	5	x 100 kΩ	±0,5%	
Plava	6	x 1 MΩ	±0,25%	$\pm 10 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Ljubičasta	7	x 10 MΩ	±0,1%	$\pm 5 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$
Siva	8	x 100 MΩ		
Bela	9	x 1 GΩ		$\pm 1 \cdot 10^{-6} / {}^{o}K$

Sl. 1.2. Obeležavanje otpornika: a - simbol otpornika na električnim šemamam, b - otpornik sa četiri prstena, c - otpornik sa pet prstenova, d - SMD otpornik cilindričnog oblika, e - SMD otpornik u obliku pločice

rancijama. Prva tri prstena označavaju prve tri cifre, pa su prve dve cifre broja koji označava otpornost 6 i 8. Treća boja je crvena, što znači da se otpornost dobija tako što se broj 68 pomnoži sa 100 oma. Znači, otpornost je 6800 Ω, odnosno 6,8 kΩ. Boja četvrtog prstena je srebrna, pa je tolerancija jednaka 10%. Može i na, pominjani, drugi način. Broju 68 se dopišu dve nule, jer treća boja (crvena), prema drugoj koloni, ima vrednost 2.

Obeležavanje otpornosti pomoću pet prstenova (sl.1.2c) koristi se kod otpornika sa manjim tolerancijama. Prva tri prstena označavaju prve tri cifre, četvrti je multiplikator, a peti tolerancija.

Ako je otpornost otpornika obeležena sa samo tri prstena, otpornost se čita kao i kod otpornika sa četiri prstena, a tolerancija je 20%.

Pri izradi minijaturnih uređaja, koriste se tzv. SMD (Surface Mounted Device) komponente. To su otpornici, kondenzatori, diode, tranzistori, integrisana kola itd. izuzetno malih dimenzija koji su tako konstruisani da se leme direktno na bakarne linije na štampanoj ploči (za njih se na štampanoj ploči ne buše rupice). SMD otpornici se prave u obliku malog valjka (1.2d) ili u obliku male pločice (sl. 1.2e).

Obeležavanje otpornosti valjkastih SMD otpornika se vrši sa šest prstenova. Prvih pet se "čitaju" kao i kod običnih otpornika sa pet prstenova. Šesti prsten označava temperaturni koeficijent (TK) koji pokazuje za koliko se menja otpornost pri promeni temperature za jedan stepen.

Otpornost pločastih SMD otpornika se obeležava pomoću broja koji je napisan sa njihove gornje strane. Prve dve cifre tog broja su prve dve cifre otpornosti, a treća cifra predstavlja broj nula. Na primer, ako je na otporniku broj 683, njegova otpornost je 68 000 Ω, odnosno 68 kilooma, broj 471 označava otpornost od 470 oma, broj 394 otpornost od 390 kilooma, itd.

Samo se po sebi razume da se otpornici svih mogućih otpornosti ne proizvode serijski. Najčešće se koriste otpornici iz tzv. serije E24, kod kojih je tolerancija 5 %. To su otpornici kod kojih su prve dve cifre neki od parova iz niza:

10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 24, 22, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82 i 91.

Proizvode se i otpornici sa manjim tolerancijama, E48 (2 %), E96 (1%) itd.

Šta, zapravo, znače brojevi iz ovih nizova, na primer broj 39 iz niza 24? Jednostavno, to znači da se proizvode otpornici čije su otpornosti 0,39 Ω; 3,9 Ω; 39 Ω; 390 Ω, 3, 9 kΩ, 39 kΩ, itd. Ista stvar je i sa ostalim brojevima iz svih serija.

U mnogim električnim šemama, tolerancija otpornika nije od velikog značaja, pa se i ne navodi. U takvim slučajevima, najčešće se koriste otpornici sa tolerancijom od 5%. Međutim, postoje i uređaji kod kojih neki od otpornika treba da ima vrlo malu toleranciju i tada se potrebna vrednost ili označi na šemi, ili navede u tekstu u kome je ta šema opisana.

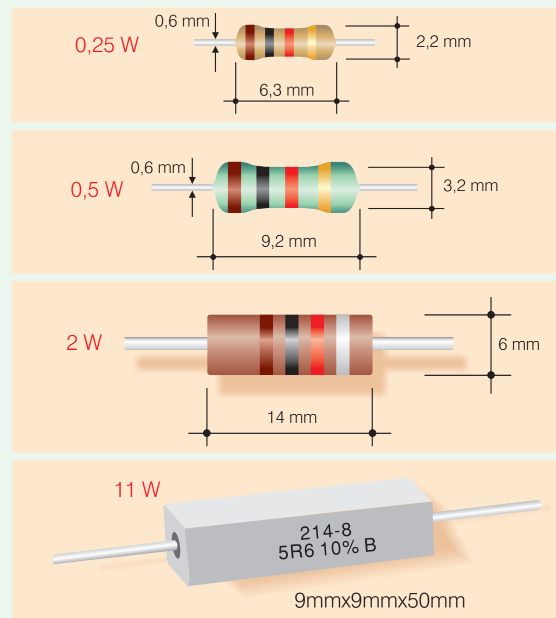
Postoji i serija E6: 10, 15, 22, 33, 47 i 68, kod koje je tolerancija 20%, ali se ona koristi za potenciometre i kondenzatore, ne i za obične otpornike.

1.2. Snaga otpornika

Kada kroz otpornik teče struja, on se greje, i ako zagrevanje pređe neku određenu granicu, dolazi do razaranja otpornog materijala, što skraćuje vek otpornika, a može da dođe i do njegovog trajnog uništenja. Nominalna (nazivna) snaga otpornika je najveća snaga električne struje koja teče kroz otpornik koju on može da izdrži u relativno dugom vremenskom periodu, a da pri tome njegove karakteristike ostanu u zadatim granicama.

Snaga se na otpornicima manjih snaga ne obeležava, pa, ako nije poznata, mora da se proceni. Pravilo je da je snaga veća što god su dimenzije otpornika veće. Na slici 1.3 je prikazano nekoliko otpornika sa dimenzijama njihovog tela i odgovarajućim snagama.

U elektronskim kolima se najčešće koriste otpornici snage 1/4 W (njihovo telo je dugačko oko 6 mm) ili 1/2 W (njihovo telo je dugačko oko 9 mm). Proizvode se i otpornici manjih snaga (1/8 W i 1/16 W) i većih snaga: 1 W (dužine oko 12 mm), 2 W, 5 W, itd. Umesto otpornika određene snage može da se koristi i otpornik iste otpornosti i bilo koje veće snage, ali pošto je ovaj većih dimenzija, (a i skuplji je), to se odražava na dimenzije štampane pločice (i na cenu uređaja).



Sl. 1.3 Dimenzije otpornika

Snaga električne struje se računa po jednom od obrazaca:

$$P=U\cdot I$$
$$P=R\cdot I^2$$
$$P=\frac{U^2}{R}$$

u kojima su: U - napon na otporniku u voltima, I - struja kroz otpornik u amperima i R - otpornost otpornika u omima. Na primer, ako je na krajevima otpornika otpornosti 820 oma napon 12 V, tada je električna snaga struje koja zagreva otpornik:

$$P=\frac{U^2}{R}=\frac{12^2}{820}=0{,}176\ \text{W}=176\ \text{mW}$$

Prema tome, snaga ovog otpornika treba da je jednaka ili, pošto takva ne postoji, veća od 176 mW, recimo 1/4 W (četvrtina vata), ili bilo koja veća.

U mnogim slučajevima nije jednostavno utvrditi koliki su struja ili napon na otporniku, pa se tada snaga otpornika određuje za najnepovoljniji slučaj. Treba smatrati da je na otporniku najveći mogući napon koji na njemu može da se pojavi, a to je napon baterije ili ispravljača kojim se uređaj napaja. Ako ovaj napon obeležimo sa U_B, tada je minimalna snaga otpornika:

$$P=\frac{U_B^{\,2}}{R}.$$

Na primer, ako je $U_B = 9$ V, minimalna snaga otpornika čija je otpornost R=220 Ω je:

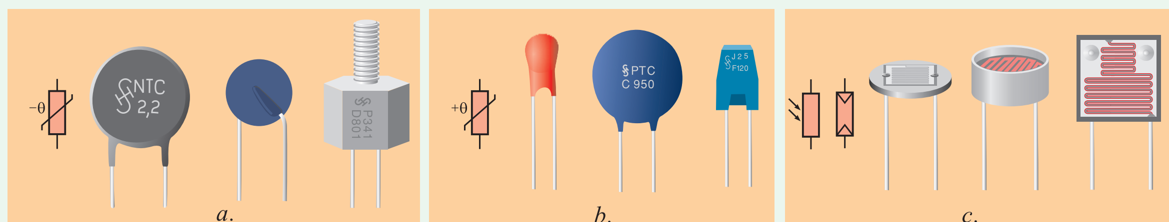
$$P=\frac{9^2}{220}=368\ \text{mW},$$

pa treba koristiti otpornik snage 0,5 W, ili veće.

1.3. Nelinearni otpornici

Otpornost otpornika opisanih u prethodnom poglavlju je konstantna i ne zavisi od napona i struje kroz otpornik, kao ni od temperature, svetlosti i ostalih spoljnih uticaja. Ali, postoje elektronska kola za čiji su rad neophodni upravo otpornici čija otpornost zavisi od neke od pomenutih veličina. Ta zavisnost nije linearna, pa se ovi otpornici nazivaju nelinearni otpornici.

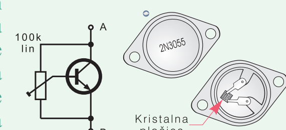
Nelinearnih otpornika ima više vrsta, ali se u praksi najčešće koriste *NTC* otpornici (sl. 1.4a) čija se otpornost smanjuje pri porastu temperature okoline, *PTC* otpornici (sl. 1.4b) čija se otpornost povećava pri porastu temperature, *LDR* otpornici (sl. 1.4c) čija se otpornost smanjuje pri porastu jačine svetlosti koja pada na njih i *VDR* otpornici čija se otpornost naglo smanjuje kada napon na njima poraste iznad neke određene veličine. Simboli kojima se ovi otpornici predstavljaju na šemama su prikazani na slici 1.4.



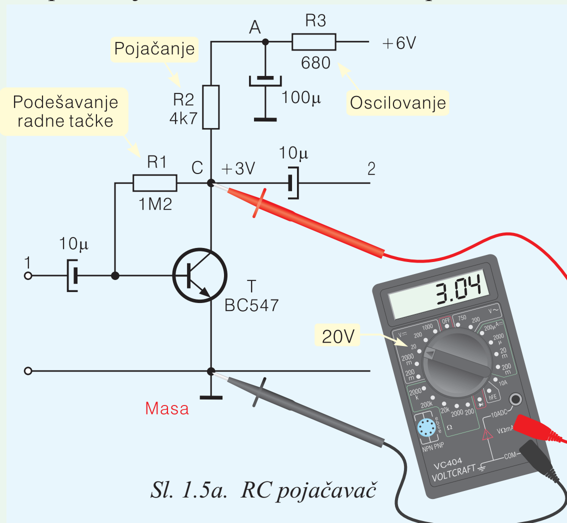
Sl. 1.4. Nelinearni otpornici: a - NTC, b - PTC, c - LDR



U amaterskim uslovima, u slučajevima kada se ne raspolaže nekim nelinearnim otpornikom, on može da se imitira pomoću drugih komponenata. Na primer, ulogu *NTC* otpornika može da igra tranzistor sa trimer potenciometrom, kojim se podešava potrebna otpornost (slika desno), ulogu *PTC* otpornika može da igra automobilska sijalica, a ulogu *LDR*-a - otvoren tranzistor. Kao primer, na slici je prikazan 2N3055, kome je turpijom odstrugan gornji deo, tako da svetlost može da padne na kristalnu pločicu. Obe diode (CB i BE) se ponašaju kao foto diode.



Na slici 1.5a je tzv. RC pojačavač napona, koji može da se upotrebi za pojačavanje signala iz mikrofona i sličnih izvora NF (audio) signala malih amplituda. Signal koji se pojačava se dovodi između tačke 1 i mase (to je ulaz pojačavača), a pojačani signal se dobija između tačke 2 i mase (to je izlaz pojačavača). Da bi pojačavač radio kako treba (a to znači da bi imao veliko pojačanje, mala izobličenja, mali šum itd.), neophodno je, kako se to stručno kaže, podesiti radnu



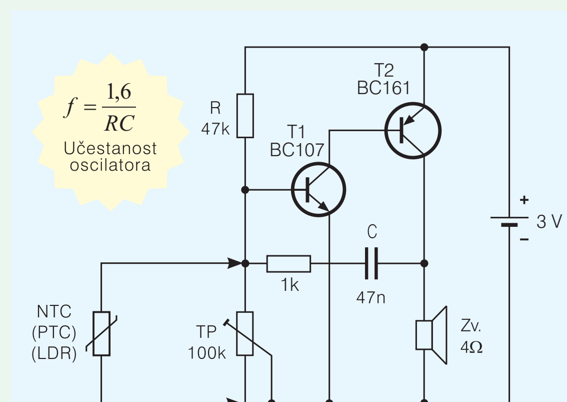
Sl. 1.5a. RC pojačavač

tačku tranzistora. Detaljnija objašnjenja u vezi sa radnom tačkom biće data u glavi o tranzistorima, za sada recimo da u RC pojačavaču sa slike 1.5a treba podesiti da jednosmerni napon između tačke C i mase bude približno jednak polovini napona između tačke A i mase. Pošto je napon u tački malo manji od 6V, napon u tački C (izmedju nje i mase) treba da je malo manji od 3V. Podešavanje se ostvaruje pomoću otpornika R1.

Univerzalni instrument, sa preklopnikom u položaju za merenje jednosmernih napona, se priključi izmedju tačke C i mase. Ako je napon veći od 3V, izvadi se R1=1,2 MΩ, i umesto njega stavi otpornik manje otpornosti, recimo R1=1 MΩ. Ako je napon još uvek veći od 3V, proba se sa otpornikom još manje otpornosti, sve dok se ne postigne da je napon približno jednak 3V.

U slučaju da je napon u tački C manji od 3V, obavi se isti postupak, ovoga puta sa povećavanjem otpornosti R1.

Otpornik R2 na slici 1.5a je kolektorsko opterećenje pojačavača, na njemu se dobija pojačani signal. Veličina pojačanja zavisi od veličine otpornosti



Sl. 1.5b. Zvučni indikator pada ili porasta temperature, pojave ili prestanka svetlosti i sl.

ovog otpornika: *veća otpornost - veće pojačanje*, *manja otpornost - manje pojačanje*. Pri promeni otpornosti R2, treba proveriti veličinu napona u tački C, i, ako je potrebno, doterati je na potrebnu vrednost (pomoću R1).

Otpornik R3 i kondenzator od 100 μF obrazuju filter koji sprečava povratnu spregu preko pozitivnog voda za napajanje, izmedju pojačavača sa slike 1.5a i sledećeg stepena pojačavača, na koji se vodi pojačani signal iz tačke 2. Ova povratna sprega se manifestuje kao prodorno pištanje iz zvučnika. Ako dođe do toga, treba povećavati otpornost R3 (na 820 Ω, pa na 1 kΩ itd.), dok pištanje ne prestane.

O praktičnoj primeni običnih otpornika biće reči u tekstovima koji slede, jer skoro i da ne postoje električne šeme na kojima nema i otpornika.

Praktična primena nelinearnih otpornika biće ilustrovana na jednom vrlo jednostavnom alarmnom uređaju, čija je električna šema prikazana na slici 1.5b. Bez trimera TP i nelinearnog otpornika NTC, to je audio oscilator. Učestanost zvuka koji on stvara je data obrascem:

$$f = \frac{1,6}{RC}.$$

U našem slučaju je R=47 kΩ i C=47 nF, pa je:

$$f = \frac{1,6}{47 \cdot 10^3 \cdot 47 \cdot 10^{-9}} \approx 724\ Hz.$$

Kada se, prema šemi na slici, dodaju trimer potenciometar i NTC otpornik, učestanost oscilatora se poveća, ali on nastavlja da "svira". Klizač trimer potenciometra se stavi u krajnji gornji položaj i oscilator prestaje sa radom. Na temperaturi na kojoj oscilator treba da proradi, klizač se, vrlo pažljivo, pomera na dole, dok oscilator ne proradi. Ako se ovo podešavanje obavi na temeperaturi od, recimo, 2 °C, na višim temperaturama otpornost NTC otpornika je manja i oscilator ne radi. Pri smanjenju temperature, otpornost NTC otpornika se povećava i na temperaturi od 2 °C oscilator počne da svira.

Ako je NTC otpornik namontiran na donjem delu automobila, tako da se nalazi blizu površine puta, pištanje oscilatora je opomena vozaču da pažljivije vozi jer na putu može da bude poledice. Naravno, i NTC otpornik i dve bakarne žice kojima je on spojen sa kolom, treba da budu zaštićene od vode i prljavštine.

Ako se, umesto NTC otpornika, stavi PTC otpornik, oscilator će početi da svira kada temperatura poraste iznad neke unapred određene vrednosti. Na primer, ako PTC otpornik ugradite u frižider i trimerom TP podesite da oscilator proradi na temperaturi od 6°C, oscilator neće raditi na temperaturi nižoj od 6 stepeni, a glasna "svirka" je znak da se temperatura povećala, i da sa frižiderom nešto nije u redu.

Umesto NTC-a može da se veže i LDR otpornik: dok ima svetla - oscilator je blokiran. Kada svetla nestane - oscilator svira. Na taj način je napravljen alarmni uređaj za prostorije u kojima ne sme da se desi da nema svetla.

LDR može da se veže na red sa otpornikom R. U tom slučaju oscilator radi kada ima svetlosti, a prestaje sa radom kada svetlosti nema. To može da bude budilnik za lovce, ribolovce i druge ljubitelje prirode koji žele da ustanu rano, ali samo pod uslovom da ne

pada kiša ili je oblačno. U rano jutro, u vreme kad žele da ustanu, oni treba da stave klizač potenciometra u krajnji gornji položaj. Oscilator će prestati sa radom. Zatim se klizač pažljivo pomera na dole, dok oscilator ne proradi. Podešavanje je završeno. Za vreme noći, oscilator će biti blokiran jer je otpornost LDR-a vrlo velika. Ujutru, kako se jačina dnevne svetlosti povećava, otpornost LDR-a se smanjuje i u trenutku kad jačina bude jednaka jačini pri prethodnom podešavanju, oscilator će početi da svira.

Trimer potenciomtrom na slici 1.5b se, kao što je objašnjeno, vrši fino podešavanje rada kola. Pored toga, on omogućuju da se kasnije, ako se ukaže potreba, promene karakteristike kola. To znači da pomoću TP na slici 1.5b može da se podesi kolo tako da oscilator počne ili prekine da svira na nekoj drugoj, višoj ili nižoj, temperaturi, ili jačoj ili slabijoj svetlosti.

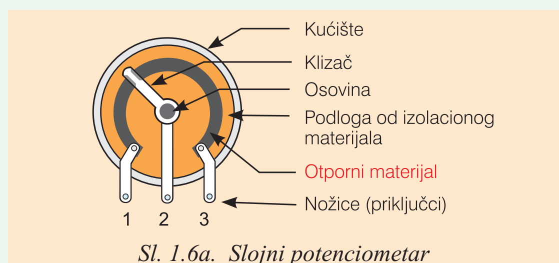
O praktičnoj realizaciji ovakvih kola, moći ćete da se obavestite u "*Praktičnoj* ELEKTRONICI" koja je posvećena alarmnim uređajima.



1.5. Potenciometri

Potenciometri su otpornici čija otpornost može da se menja, a koriste se za regulaciju napona i struje u elektronskim kolima. Prema konstrukciji, oni mogu da se podele u dve grupe: nenamotane (slojne) i motane (žičane).

Kod slojnih potenciometara (sl. 1.6a) , otporni materijal je u tankom sloju nanesen na podlogu od izolacionog materijala. Po otpornom sloju pomera se provodni elastični klizač, pa se otpornost između klizača i jednog kraja potenciometra povećava, a između klizača i drugog kraja smanjuje.



Sl. 1.6a. Slojni potenciometar

Motani potenciometri se izrađuju motanjem žice od otpornog materijala na nosač od izolacionog materijala. Po žici se pomera provodni elastični klizač, pa se otpornost između klizača i jednog kraja potenciometra povećava, a između klizača i drugog kraja smanjuje.

U praksi se mnogo češće koriste nenamotani potenciometri. Kod njih, zavisnost otpornosti od ugla okretanja, ili položaja klizača može da bude linearna, logaritamska, inverzno-logaritamska, itd. Najviše se koriste linearni i logaritamski potenciometri, a najpoznatije oblasti njihove primene su radio-prijemnici, audio-pojačavači i slični uređaji u kojima se pomoću potenciometara vrši regulacija jačine zvuka, podešavanje boje tona, balansiranje pojačanja kanala i sl.

Žičani potenciometri se koriste u uređajima u kojima je potrebna povećana tačnost podešavanja i veća stabilnost karakteristika. Oni imaju znatno veću snagu od nemotanih potenciometara, pa se obavezno koriste u kolima kroz koja teku veće struje.

Otpornosti potenciometara su iz niza (serije) E6, ali se najčešće koriste potenciometri sa multiplima 1, 2,2 i 4,7. Tolerancije su 10%, 20% i 30% za nenamotane, a za motane, pored pomenutih, još i 5%.

Potenciometri se izrađuju u raznim oblicima i veličinama, a snage su im u granicama od 0,25 W (slojni potenciometri za regulaciju jačine, boje tona u audio pojačavačima i sl.) do nekoliko desetina vati (za regulaciju struja velikih jačina). Na slici 1.6b je prikazano nekoliko potenciometara, kao i simbol kojim se potenciometri prikazuju na električnim šemama.

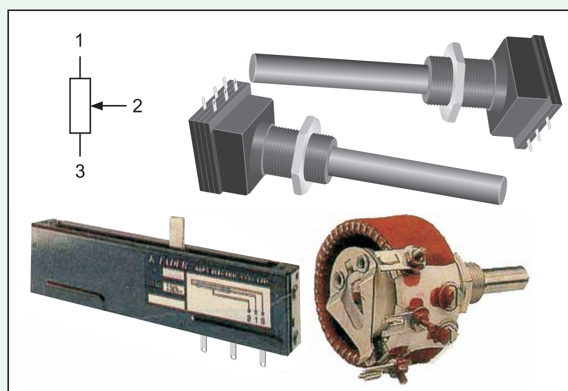
Gore je tzv. stereo potenciometar. To su, u stvari, dva potenciometra smeštena u zajedničko kućište, sa klizačima na zajedničkoj osovini, tako da se oba klizača pomeraju istovremeno. Koristi se u stereofonskim pojačavačima za istovremenu regulaciju jačine ili boje tona u oba NF kanala i sl.

Dole levo je tzv. šiber potenciometar kod koga se klizač pomera pomoću ručice koja se kreće pravolinijski, a ne u krug kao kod ostalih potenciometara.

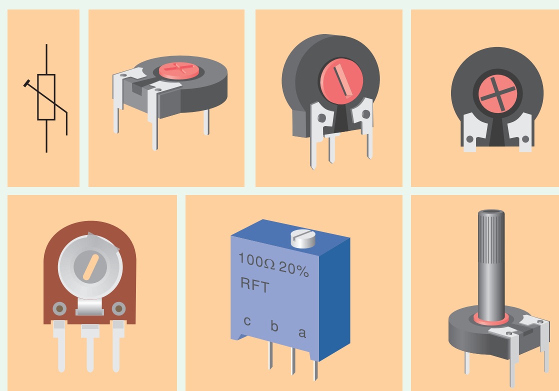
Dole desno je žičani potenciometar snage 20 W, koji se obično vezuje kao reostat (klizač je kratko spojen sa jednom od druge dve nožice), a služi za regulisanje jačine struje pri punjenju akumulatora i sl.

U električnim kolima u kojima je za pravilan rad uređaja neophodno da se napon ili struja vrlo precizno podese na potrebnu vrednost, koriste se trimer-potenciometri. To su potenciometri malih dimenzija čiji se klizači pomeraju pomoću odvrtke, za razliku od potenciometara kod kojih se pomeranje ostvaruje pomoću dugmeta montiranog na osovinu sa kojom je spojen klizač.

I trimer potenciometri se izrađuju u raznim obli-



Sl. 1.6b. Potenciometri



Sl. 1.7. Trimer potenciometri

cima i veličinama, sa snagama od 0,1 W do 0,5 W. Na slici 1.7 je prikazano nekoliko trimer potenciometara.

U levom gornjem uglu je simbol kojim se trimer potenciometri prikazuju na električnim šemama. Podešavanje otpornosti se vrši pomoću odvrtke. Izuzetak je trimer u donjem desnom uglu, kod koga podešavanje može da se obavi i prstima.

Naročito precizno podešavanje može da se ostvari pomoću trimera u četvrtastom plastičnom kućištu (dole u sredini). Njegov klizač se pomera pomoću specijalnog prenosnog sistema, tako da je potrebno mnogo puta okrenuti zavrtanj da bi se klizač pomerio iz jednog krajnjeg položaja u drugi.

1.6. Primeri praktične primene potenciometara

Kao što je već rečeno, potenciometri se najčešće koriste u audio-pojačavačima, radio i TV prijemnicima, kasetofonima i sličnim uređajima. Pomoću njih se vrši regulacija jačine zvuka, podešavanje boje tona i slično.

Kao primer, na slici 1.8a je prikazana električna šema jednog kola sa dva potenciometra za regulaciju boje tona u audio pojačavačima. Ono se nalazi između dva pojačavačka stepena u pojačavaču.

Pomoću potenciometra obeleženog sa BAS vrši se regulacija pojačanja u oblasti niskih učestanosti NF signala koji se pojačava. Kada je klizač ovog potenciometra u krajnjem donjem položaju, pojačanje signala čije su učestanosti vrlo niske (nekoliko desetina herca) je oko deset puta manje od pojačanja signala srednjih učestanosti (oko 1000 herca). Ako se klizač pomeri u krajnji gornji položaj, pojačanje signala niskih učestanosti je oko deset puta veće od pojačanja signala srednjih učestanosti. Povećanje pojačanja na niskim učestanostima je korisno pri slušanju zabavne i džez muzike u kojima je vrlo važan ritam, a smanjivanje pojačanja pri slušanju govora ili klasične muzike.

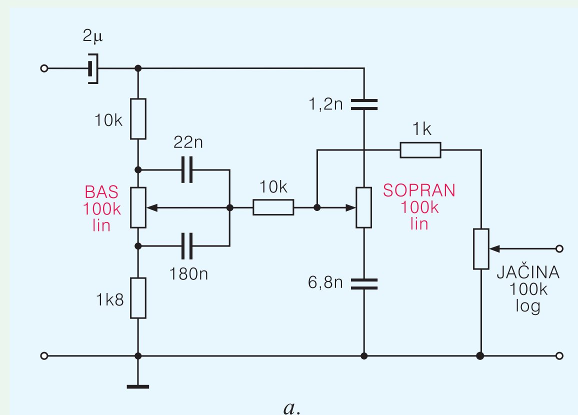
Na sličan način, pomeranjem klizača potenciometra SOPRAN, može da se menja i pojačanje u oblasti visokih učestanosti. Povećanje pojačanja u oblasti visokih učestanosti je korisno kada u muzici ima visokih tonova koje stvaraju činele i slični instrumenti, a potiskivanje je korisno kada se sluša stara gramofonska ploča, jer se tada potiskuje šum koji na njoj postoji usled istrošenosti.

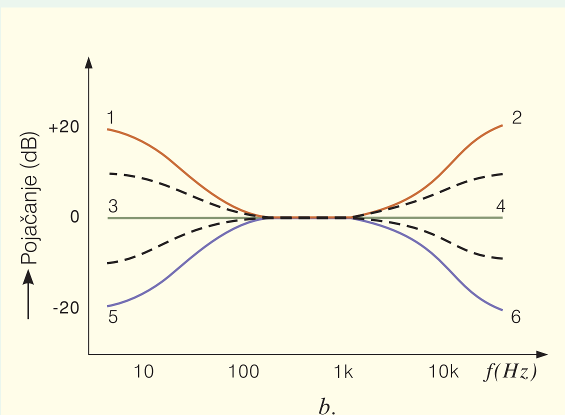
Na slici 1.8b je prikazana zavisnost pojačanja pojačavača, u kome se koristi kolo sa slike 1.8a, od učestanosti signala koji se pojačava. Ako su klizači oba potenciometra skroz gore, zavisnosnost je prikazana krivom 1-2, ako su u sredini - krivom 3-4, a ako su dole, krivom 5-6. Pomeranjem klizača u proizvoljne položaje može da se ostvari bilo koja kriva između 1-2 i 5-6.

Potenciometri BAS i SOPRAN su po konstrukciji - slojni, a po zavisnosti otpornosti od ugla - linearni.

Treći potenciometar na slici služi za regulaciju jačine reprodukcije pojačavača u kome se koristi kolo sa slike 1.8. On je po konstrukciji takođe slojni, ali mu je zavisnost otpornosti od ugla - logaritamska, (zato ispod njega piše log).

Primeri primene trimer potenciometara su dati u tekstu u vezi sa slikom 1.5b.

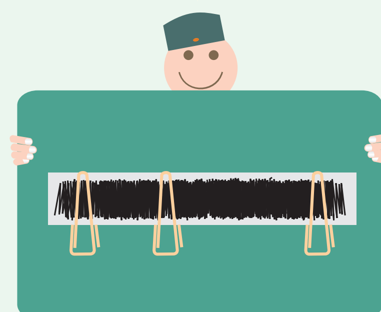




Slika 1.8. Kolo za regulaciju boje tona: a - električna šema, b - frekvencijska karakteristika

Kako napraviti otpornik?

Tridesetih godina prošlog veka italijanski dirižabl "Italija" se srušio u blizini Severnog pola. Bilo je izuzetno važno da se što pre pošalje poziv za pomoć jer su zalihe i hrane i goriva za grejanje bile veoma male. Ali, na žalost, radio-predajnik se pokvario prilikom pada. Radio-mehaničar se bacio na posao da pronađe kvar. Gotovi smo, tiho je rekao mehaničar posle nekog vremena, potpuno je polomljen jedan otpornik. A najbliža prodavnica, procedio je jedan od prisutnih, je tri hiljade kilometara odavde. Posle dužeg mučnog ćutanja javio se lekar ekspedicije: kako se pravi taj tvoj otpornik? Tako što se na cilindar od keramike nanese tanak sloj uglja, odgovori mehaničar. Pa, pošto je vremena bilo na pretek, nastavi da objašnjava: u suštini otpornik je taj tanak sloj uglja, cilindar je samo nosač. Lekar uze mali komad nekog kartona, grafitnom olovkom zacrni jednu njegovu stranu, pruži ga mehaničaru i reče: evo, to je tanak sloj uglja. I, da ne dužimo priču, uspelo je. Radio-predajnik je proradio, ruski radio-amateri su primili poruku, preneli je svojim kolegama širom sveta, čuli su je i nadležni i pomoć je stigla na vreme. Eto, tako može da se napravi ugljeni otpornik.



2. KONDENZATORI

Kondenzatori su komponente elektronskih kola koji se koriste skoro isto tako često kao i otpornici. Osnovna razlika između kondenzatora i otpornika je u tome što otpornost kondenzatora, koja se naziva reaktansa, jer nije iste prirode kao i otpornost otpornika, zavisi, ne samo od kapacitivnosti kondenzatora, već i od učestanosti napona koji je doveden na krajeve kondenzatora. Reaktansa kondenzatora se obeležava sa X_C, a njena veličina se računa po obrascu:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

u kome su f - učestanost u hercima i C - kapacitivnost u faradima.

Na primer, reaktansa kondenzatora kapacitivnosti $C = 5$ nF, na učestanosti $f = 125$ kHz je:

$$X_C = \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 125\,000\cdot 5\cdot 10^{-9}} = 255\,\Omega,$$

a na učestanosti $f = 1{,}25$ MHz je:

$$X_C = \frac{1}{2\cdot 3{,}14\cdot 1250\,000\cdot 5\cdot 10^{-9}} = 25{,}5\,\Omega\cdot$$

Reaktansa kondenzatora za jednosmernu struju je beskonačno velika jer je u tom slučaju $f=0$.

Kondenzatori se koriste u elektronskim kolima u kojima od više signala različitih učestanosti treba izdvojiti i dalje proslediti samo signale određenih učestanosti, a sve ostale oslabiti u potrebnoj meri. U tom smislu, kondenzatori se koriste u različitim električnim filtrima, oscilatornim kolima, kao sprežni elementi između pojedinih stepena, itd.

Osnovna karakteristika kondenzatora je njegova kapacitivnost. Što god je ona veća, kondenzator je, pri istom naponu na koji je priključen, sposoban da akumulira (kondenzuje) veću količinu elektriciteta. Jedinica za merenje kapacitivnosti je farad i obeležava se sa F. To je izuzetno velika jedinica pa se kapacitivnosti kondenzatora izražavaju u mikrofaradima (μF), nanofaradima (nF) i pikofaradima (pF). Mikrofarad je milioniti deo farada, nanofarad je hiljaditi deo mikrofarada, a pikofarad je hiljaditi deo nanofarada. Veze između ovih jedinica su:

$$1\text{ F} = 10^6\ \mu\text{F} = 10^9\text{ nF} = 10^{12}\text{pF}$$

One mogu da se napišu i u praktičnijem obliku:

$$1\mu\text{F} = 1\,000\text{ nF i } 1\text{ nF} = 1\,000\text{ pF}.$$

Korisno je poznavati ove veze da bi se izbegle zabune, jer se iste vrednosti kapacitivnosti na električnim šemama često obeležavaju drugačije. Na primer umesto 1500 pF na šemi može da piše 1,5 nF, ili umesto 100 nF može da stoji 0,1 μF, ili 0,01 μF umesto 10 nF i sl.

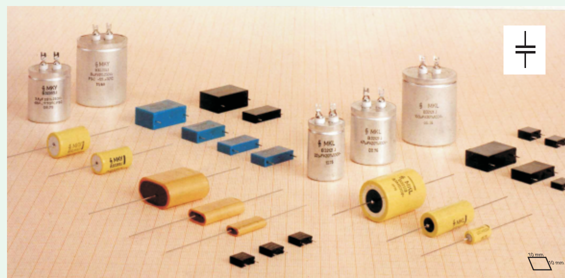
Treba imati u vidu da se i kod kondenzatora, kao i kod otpornika, koristi skraćeno označavanje. Na primer, ako na šemi, pored kondenzatora, piše samo 120 (ili 120E), kapacitivnost je 120 pF, ako piše 1n2 - kapacitivnost je 1,2 nF, ako piše n22 - kapacitivnost je 0,22 nF odnosno 220 pF, ako piše 5 μ ili 5 u - kapacitivnost je 5 μF, ako piše .1μ (na američkim i japanskim šemama vodeća nula, ispred decimalne tačke, se ne piše) kapacitivnost je 0,1 μF ili 100 nF i slično.

Kondenzatori se proizvode u različitim oblicima i veličinama, što zavisi od veličine njihove kapacitivnosti, radnog napona, vrste dielektrika, temperaturnog koeficijenta itd., a mogu da se podele u dve grupe: kondenzatore *nepromenljive* kapacitivnosti i kondenzatore *promenljive* kapacitivnosti.

2.1. Blok-kondenzatori

Kondenzatori nepromenljive kapacitivnosti (tzv. blok-kondenzatori) se sastoje od dve tanke metalne trake koje su razdvojene tankom folijom od izolacionog materijala. Metalne trake se najčešće prave od aluminijuma, a izolatorske folije od različitih neprovodnih materijala po kojima kondenzatori i dobijaju ime: papirni, keramički, liskunski, stirofleksni itd. Nekoliko različitih vrsta blok kondenzatora je prikazano na slici 2.1. U desnom uglu slike je simbol za blok-kondenzatore.

Većina kondenzatora, tu spadaju i blok-kondenzatori, su nepolarizovane komponente, što znači da su oba njihova priključka ."ravnopravna", i svejedno je gde će koji biti zalemljen. Izuzetak su elektrolitski kondenzatori, kod kojih mora da se **strogo** vodi računa o polaritetu, o čemu će biti reči kasnije.

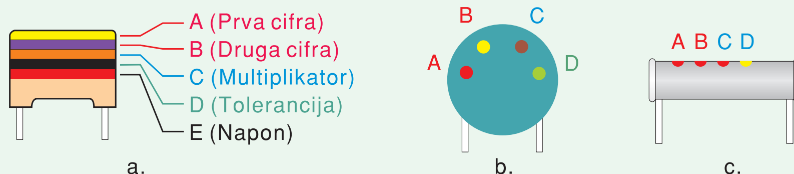


Sl. 2.1. Blok kondenzatori

2.1.1. Obeležavanje blok kondenzatora

Obeležavanje kondenzatora se najčešće vrši tako što se broj koji označava veličinu kapacitivnosti napiše na samom kondenzatoru. Pored ovog broja, obavezno se upisuje i broj koji označava veličinu maksimalnog radnog napona kondenzatora, a, ponekad, i broj koji označava toleranciju, temperaturni koeficijent, ili neki drugi podaci. Ako u električnoj šemi pored simbola za kondenzator piše, recimo, 5 nF/40 V, to znači da je u pitanju kondenzator čija je kapacitivnost 5 nF a maksimalni dozvoljeni radni napon 40 V. Umesto tog kondenzatora moguće je koristiti bilo koji drugi čija je kapacitivnost 5 nF, a radni napon ima bilo koju vrednost veću od 40 V, ali su ti kondenzatori, po pravilu, i skuplji i većih dimenzija.

Ponekad se, naročito kod kondenzatora manjih dimenzija, kapacitivnost obeležava pomoću boja, na sličan način kao i kod otpornika sa četiri prstena, što je prikazano na slici 2.2. Prve dve boje (A i B) predstavljaju prve dve cifre, treća (C) je multiplikator, četvrta (D) predstavlja toleranciju i peta (E) radni napon.



BOJA	CIFRA	MULTIPLIKATOR	TOLERANCIJA	NAPON
Crna	0	x 1 pF	± 20%	
Smeđa	1	x 10 pF	± 1%	
Crvena	2	x 100 pF	± 2%	250 V
Narandžasta	3	x 1 nF	± 2,5%	
Žuta	4	x 10 nF		400 V
Zelena	5	x 100 nF	± 5%	
Plava	6	x 1 μF		
Ljubičasta	7	x 10 μF		
Siva	8	x 100 μF		
Bela	9	x 1000μF	± 10%	

PRIMERI

C=47·1nF=
47nF/20%/250V

C=39·10pF=
390pF/5%

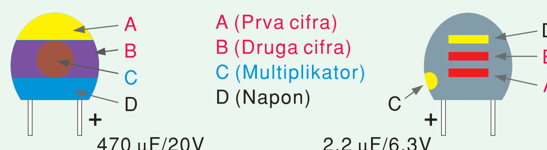
C=22·100pF
2200pF/5%

Sl. 2.2. Obeležavanje kapacitivnosti kondenzatora pomoću boja

Kod disk-keramičkih kondenzatora (si. 2.2b) i tubularnih kondenzatora (sl.2.2c) nije označen radni napon, jer se oni koriste u kolima u kojima je jednosmerni napon mali, ili ga uopšte nema. Kada tubularni kondenzator ipak ima pet boja, tada prva boja označava temperaturni koeficijent kondenzatora, a preostale njegovu kapacitivnost, na već opisani način.

Na slici 2.3 je prikazano kako se pomoću boja označava kapacitivnost minijaturnih tantalovih elektrolitskih kondenzatora. Prve dve boje označavaju prve dve cifre i imaju iste vrednosti kao i kod otpornika. Treća boja je multiplikator (umnožač). Ona pokazuje kojim brojem treba množiti prve dve cifre da bi se dobila kapacitivnost u mikrofaradima. Četvrta boja označava vrednost maksimalnog radnog napona.

I, na kraju ovog dela, jedna napomena u vezi sa radnim naponom. Kao što je već rečeno, napon na kondenzatoru ne sme da bude veći od njegovog maksimalnog radnog napona, jer bi kondenzator bio uništen. U slučajevima kad napon između tačaka u kojima je priključen kondenzator nije poznat, treba imati na umu najnepovoljniji slučaj, a to je mogućnost da se na tom kondenzatoru, usled kvara neke druge komponente, pojavi napon jednak naponu baterije, ili ispravljača iz koga se uređaj napaja. Ako je, na primer,



BOJA	CIFRA	MULTI-PLIKATOR	NAPON
Crna	0	x 1 μF	10 V
Smeđa	1	x 10 μF	
Crvena	2	x 100 μF	
Narandžasta	3		
Žuta	4		6,3 V
Zelena	5		16 V
Plava	6		20 V
Ljubičasta	7		
Siva	8	x 0,01 μF	25 V
Bela	9	x 0,1 μF	3 V
Ružičasta			35 V

Sl. 2.3. Obeležavanje tantalskih elektrolitskih kondenzatora

napon baterije kojom se uređaj napaja jednak 12 V, tada radni naponi upotrebljenih kondenzatora treba da su jednaki ili, što je i bolje i sigurnije, veći od 12 V.

Kapacitivnosti kondenzatora vrlo malih dimenzija se označavaju pomoću trocifrenih brojeva, na isti način kao i otpornosti SMD otpornika na slici 1.2-e: dvocifrenom broju koji predstavljaju prve dve cifre broja na kondenzatoru treba dopisati onoliko nula kolika je treća cifra. Tako dobijen broj označava kapacitivnost u pikofardima.

Na primer, ako je na kondenzatoru napisan broj 683, njegova kapacitivnost je C=68000 pF=68 nF. Na isti način, broj 152 označva kapacitivnost od 1500 pF, broj 470 kapacitivnost od 47 pF itd.



2.2. Elektrolitski kondenzatori

Elektrolitski kondenzatori predstavljaju posebnu vrstu kondenzatora nepromenljive kapacitinosti. Zahvaljujući specijalnoj konstrukciji, oni imaju vrlo velike kapacitivnosti, od jednog do više hiljada mikrofarada. Najčešće se koriste u ispravljačima za "peglanje" usmerenog napona, u raznim filtrima, kao sprežni elementi u pojačavačima, itd.

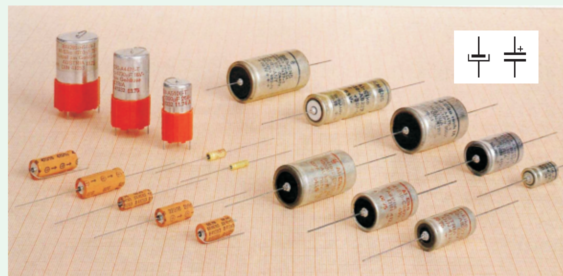
Elektrolitski kondenzatori su polarizovane komponente, što znači da oni imaju pozitivan i negativan kraj, o čemu mora da se **strogo** vodi računa pri njihovom priključivanju u kolo. Pozitivan kraj mora da se priključi u tačku u kojoj je jednosmerni napon veći od napona u tački u kojoj je priključen negativan kraj. Ako se to ne uradi, elektrolitski kondenzator će posle izvesnog vremena, zbog elektrolize, biti trajno uništen, a može čak i da eksplodira. (Autor ovih redova je imao priliku da u jednom servisu elektronskih uređaja prisustvuje takvom događaju. Jedan od zaposlenih je

u televizijskom prijemniku pogrešno zalemio kondenzator od 4700 μF na izlazu ispravljača od 40 V. Kad je uključio prijemnik, grunulo je kao da je neko opalio iz pištolja, a cela prostorija se ispunila vrlo sitnim komadićima hartije koji su, u obliku sitnog snega i magle, lebdeli u vazduhu. Iz susedne prostorije je uleteo upravnik servisa. Pošto je bio mesec januar, jedan od starijih tehničara je viknuo: "Šefe, Srećna Nova Godina". Onaj što je izazvao eksploziju je to malo bliže objasnio: "Srpska". "Hvala", promrmljao je šef, pogledao levo-desno i - izašao.)

Do eksplozije može da dođe i ako se kondenzator priključi na napon koji je veći od njegovog radnog napona. Da se to ne bi desilo, jedan od krajeva kondenzatora je vrlo upadljivo obeležen znakom + ili znakom –, a na kondenzatoru je vrlo upadljivo označen i njegov radni napon.

Izgled nekoliko elektrolitskih kondenzatora, kao i simboli kojima se oni predstavljaju na električnim šemama, dati su na slici 2.4

Posebnu vrstu elektrolitskih kondenzatora pre-



Sl. 2.4. Elektrolitski kondenzatori

dstavljaju tantalovi (ili tantalski) kondenzatori. Njihova štetna induktivnost je mnogo manja nego kod aluminijumskih elektrolitskih kondenzatora, tako da tantalov kondenzator sa znatno manjom (čak i deset puta) kapacitivnošću zamenjuje (obavlja predviđenu ulogu) aluminijumski elektrolitski kondenzator.

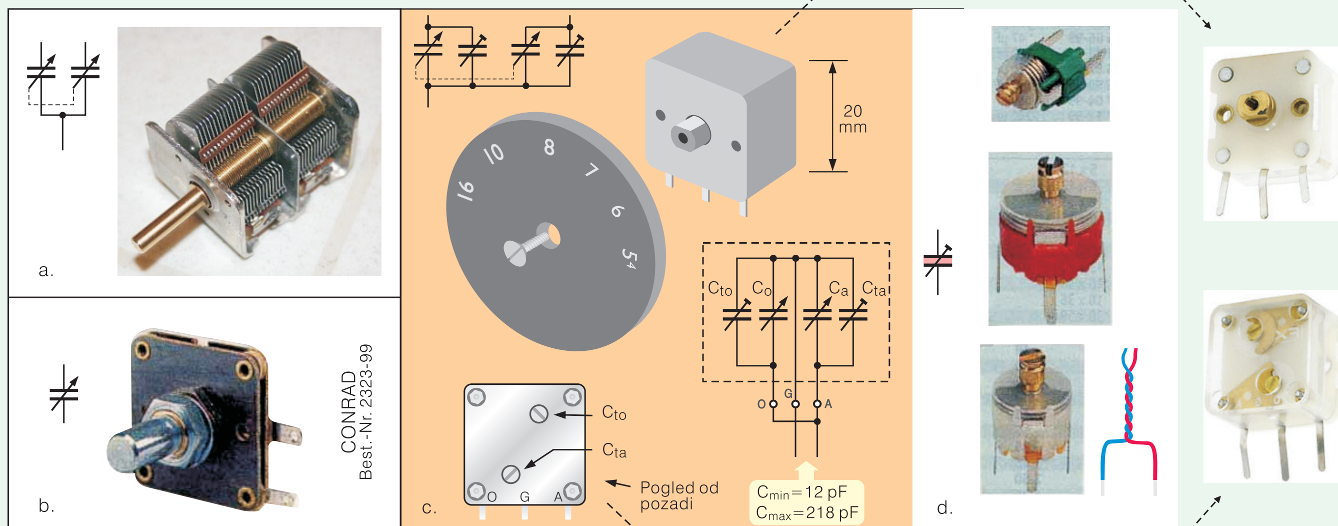
2.3. Promenljivi kondenzatori

Promenljivi kondenzatori su kondenzatori čija kapacitivnost može da se menja u nekim određenim granicama. Njihova minimalna kapacitivnost je obično oko 10 do 50 pF, a maksimalna nekoliko stotina pikofarada (najviše do 500 pF). Promenljivi kondenzatori se proizvode u različitim oblicima i veličinama, ali je za sve njih zajedničko da imaju jednu grupu od više nepokretnih, međusobno povezanih, aluminijumskih ploča koje se nazivaju stator i drugu grupu ploča koje su spojene sa zajedničkom osovinom, koja se naziva rotor. Pri okretanju osovine, ploče rotora ulaze u prostor između ploča statora, čime se kapacitivnost kondenzatora povećava. Naravno, konstrukcija je tako izvedena da su ploče rotora i statora poređane naizmenično. Izolator (dielektrik) između ploča je tanak sloj vazduha, odakle i potiče ime vazdušni promenljivi kondenzator. Pri montiranju ovih kondenzatora treba paziti da se metalne ploče ne iskrive, jer tada, pri okretanju, dolazi do kratkog spoja između rotora i statora i kondenzator je neupotrebljiv.

Na slici 2.5-a je fotografija vazdušnog promenljivog kondenzatora. To su, u stvari, dva vazdušna kondenzatora čiji su rotori na zajedničkoj osovini, tako da se, pri okretanju osovine, istovremeno menjaju kapacitivnosti oba kondenzatora. Takvi, dvostruki kondenzatori se koriste u radio-prijemnicima: veći u ulaznom kolu i manji u lokalnom oscilatoru. Simbol za ovakav kondenzator je prikazan iznad fotografije. Isprekidana linija ukazuje na činjenicu da su rotori međusobno mehanički povezani. Oni su povezani i u električnom pogledu. Ako jedan kraj promenljivog kondenzatora treba da se spoji sa masom, što je čest slučaj, onda se sa njom spaja(ju) rotor(i).

Pored vazdušnih, postoje i promenljivi kondenzatori sa čvrstim dielektrikom. Kod njih se, između ploča statora i rotora, nalaze tanke folije od nekog izolacionog materijala, a kondenzator je smešten u četvrtasto plastično kućište. Ovi kondenzatori su znatno otporniji na mehaničke potrese i oštećenja, zbog čega su pogodni za upotrebu u prenosnim elektronskim uređajima. Takav jedan jednostruki kondenzator je prikazan na slici 2.5b.

Promenljivi kondenzatori se teško nalaze u prodavnicama elektronskih komponenata, pa se amateri snalaze tako što ih vade iz rashodovanih radio-prijemnika. U njima se najčešće nalaze japanski promenljivi kondenzatori. Takav jedan kondenzator, koji se koristi u prenosnim radio-prijemnicima koji imaju samo AM područje, prikazan je na slici 2.5c. U plastičnom kućištu se nalazi četiri kondenzatora, dva promenljiva i dva trimera, povezana prema šemi u gornjem levom uglu. Povezivanjem nožica prema šemi u donjem delu slike, dobija se jednostruki promenljivi kondenzator čija se kapacitivnost menja u granicama



Sl. 2.5. a, b, c - promenljivi kondenzatori, d - polupromenljivi (trimer) kondenzatori

od 12 pF do 218 pF.

Najpoznatiji uređaji u kojima se koriste promenljivi kondenzatori su radio-prijemnici, u kojima se pomoću njih vrši podešavanje na stanicu. Polupromenljivi ili trimer kondenzatori su promenljivi kondenzatori malih dimenzija čija se kapacitivnost, pomoću odvrtke, menja u granicama od nekoliko pikofarada do nekoliko desetina pikofarada. Koriste se za precizna podešavanja u radioprijemnicima, radio-predajnicima, oscilatorima itd. Tri trimera, zajedno sa simbolom kojim se oni predstavljaju na električnim šemama, su prikazana na slici 2.5d.

2.4. Primeri praktične primene kondenzatora

Nekoliko primera praktične primene kondenzatora dato je na slici 2.6.

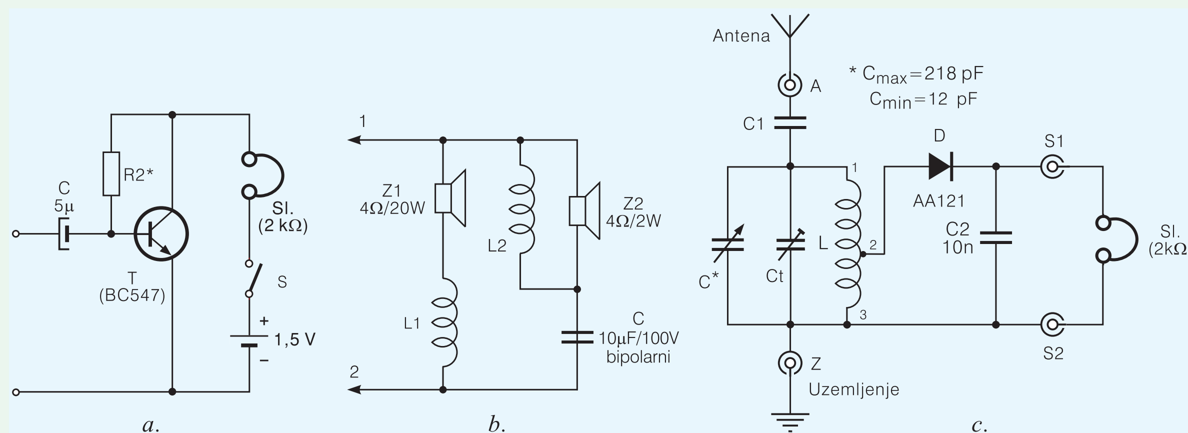
Na slici 2.6a, elektrolitski kondenzator od 5 mikrofarada je tzv. sprežni kondenzator. Preko njega se NF signal iz prethodnog stepena dovodi na bazu tranzistora da bi se pojačao i reprodukovao pomoću slušalica (Sl.). Kondenzator sprečava da na bazu dođe i jednosmerni napon sa izlaza prethodnog stepena ili da jednosmerni napon sa baze "ode" na izlaz prethodnog stepena. To se ostvaruje jer se kondenzator dovoljno velike kapacitivnosti za NF signale ponaša kao otpornik vrlo male otpornosti, a za jednosmerne napone kao otpornik beskonačno velike otpornosti.

Na slici 2.6b je šema električne skretnice zajedno sa dva zvučnika od kojih Z_1 služi za reprodukciju tonova niskih i srednjih učestanosti, a Z_2 za reprodukciju tonova visokih učestanosti. Krajevi 1 i 2 su priključeni na izlaz audio pojačavača. Kalemovi L_1 i L_2 i kondenzator C obezbeđuju da struje niskih i srednjih učestanosti teku kroz zvučnik Z_1, a struje visokih učestanosti kroz Z_2. Kako se to ostvaruje? Kada se između krajeva 1 i 2 pojavi naizmenični napon visoke učestanosti, poteći će i struja iste učestanosti. Ona može da teče ili kroz Z_1 i L_1 ili kroz Z_2 i C. Pošto je učestanost visoka, reaktanse (otpornosti) kalema su velike, a reaktansa kondenzatora je mala. Jasno je da će zbog toga struje visokih učestanosti teći kroz Z_2. Na sličan način, kada se na ulazu pojave signali nižih učestanosti, struje će teći kroz Z_1, jer je na nižim učestanostima reaktansa kalemova mala, a kondenzatora velika.

Na slici 2.6c je električna šema jednostavnog detektorskog radio-prijemnika u kome se podešavanje na stanicu vrši pomoću promenljivog kondenzatora C, koji sa kalemom L obrazuju paralelno oscilatorno kolo. Okretanjem rotora kondenzatora C, menja se rezonantna učestanost kola, i kada se podesi da ona bude jednaka učestanosti nekog radio-predajnika, u slušalicama se čuje program koji ovaj emituje.

Trimer kondenzator Ct služi za podešavanje gornje granične učestanosti prijemnog područja.

Dioda D, kondenzator C2 i otpornost obrazuju tzv. redni diodni detektor pomoću koga se iza AM signala stanice na koju je prijemnik podešen izdvaja informacija (muzika, govor) koju taj predajnik prenosi.



Sl. 2.6. a - pojačavač sa slušalicama, b - električna skretnica, c - detektorski radio-prijemnik

3. KALEMOVI I TRANSFORMATORI

3.1. Kalemovi

Kalemovi su komponente elektronskih uređaja koje se ne koriste tako često kao otpornici i kondenzatori. Najčešće se sreću u raznim oscilatorima, radioprijemnicima, radio-predajnicima i sličnim uređajima koji poseduju oscilatorna kola. U amaterskim uslovima, kalemovi se izrađuju tako što se na kalemsko telo u obliku cevi napravljene od nekog izolacionog materijala (plastika, karton, pertinaks i sl.) namota, u jednom ili u više slojeva, određen broj zavojaka lakom izolovane bakarne žice. Fabrički izrađeni kalemovi mogu da budu i drugačijih oblika, ali je za sve njih zajedničko da imaju kalemsko telo preko koga je namotana bakarna žica.

Osnovna karakteristika svakog kalema je njegova induktivnost. Jedinica induktivnosti je henri i obeležava se slovom H. Ovo je vrlo velika jedinica pa se u praksi koriste njeni multipli: milihenri (mH) i mikrohenri (µH). Milihenri je hiljaditi, a mikrohenri milioniti deo henrija: $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$.

Otpornost kalema, koja se, kao i kod kondenzatora, naziva reaktansa, jer nije iste prirode kao otpornost otpornika, se obeležava sa X_L, a njena veličina se računa po obrascu:

$$X_L = 2\pi f L$$

u kome je f - učestanost u hercima napona koji je doveden na kalem, a L - induktivnost u henrijima.

Na primer, ako je učestanost f= 684 kHz, a induktivnost L=0,6 mH, rektansa kalema je:

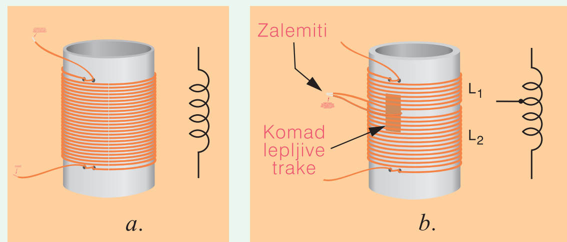
$$X_L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 684000 \cdot 0{,}6 \cdot 10^{-3} = 2\,577\ \Omega$$

Isti kalem na tri puta većoj učestanosti ima tri puta veću reaktivnu otpornost, a na tri puta manjoj - tri puta manju. Kao što se vidi iz gornjeg obrasca, reaktansa kalema je utoliko veća u koliko je veća učestanost napona, pa se i kalemovi, kao i kondenzatori, koriste u različitim električnim kolima, kada je potrebno da se od više napona raznih učestanosti neki izdvoje, a neki potisnu (oslabe).

Za jednosmernu struju, reaktansa kalema je jednaka nuli, jer je tada $f=0$.

Nekoliko kalemova je prikazano na slikama 3.1, 3.2, 3.3 i 3.4.

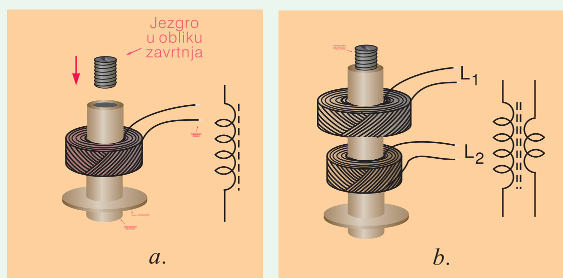
Najjednostavniji je jednoslojni kalem bez jezgra. U nekim od projekata opisanih u "Praktičnoj ELEKTRONICI" posvećenoj radio-prijemnicima i radio-predajnicima, koriste se baš takvi kalemovi. U amaterskim uslovima, kalem bez jezgra se pravi tako što se, prema slici 3.1a, na kalemskom telu od kartona, plastike ili nekog drugog izolacionog materijala, namota potreban broj zavojaka izolovane bakarne žice. Na slici 3.1a, zavojci su razmaknuti, ali se kalemovi češće motaju bez razmaka, zavojak do zavojka. Da se kalem ne bi odmotao, početak i kraj žice mogu da se provuku kroz dve rupice na valjku, ali to može da se obavi bilo lepljenjem, bilo pomoću samolepive trake.



Sl. 3.1. Jednoslojni kalemovi bez jezgra: a - običan, b - sa izvodom

Na slici 3.1b je prikazano kako se pravi kalem sa izvodom. Na primer, ako kalem ima ukupno 120 zavojaka sa izvodom na tridesetom zavojku, tada se na istom kalemskom telu, jedan do drugoga (ili jedan preko drugoga, namotaju dva kalema, L_1 sa trideset i L_2 sa devedeset zavojaka. Zatim se zaleme kraj prvog i početak drugogog namotaja, to je izvod.

Višeslojni kalem, sa tzv. unakrsnim motanjem prikazan je na slici 3.2a. Sa unutrašnje strane kalemskog tela od plastike narezana je loza, tako da u nje-

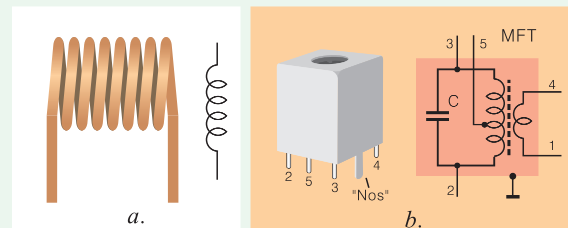


Sl. 3.2. a - višeslojni kalem sa jezgrom, b - spregnuti kalemovi

ga može da se "ušrafi" kalemsko jezgro od feromagnetnog materijala u obliku malog zavrtnja. Okretanjem jezgra, pomoću odvrtke, ono se pomera duž ose kalema, i dok se približava sredini kalema, induktivnost raste. Na taj način, pomeranjem jezgra, može da se obavi precizno podešavanje potrebne veličine induktivnosti kalema.

Na slici 3.2b je prikazan VF (visokofrekventni) transformator. Kao što se vidi, to su dva unakrsno motana kalema na zajedničkom telu, između kojih postoji magnetna sprega. U slučajevima kada kalemovi moraju da imaju tačno određene induktivnosti, svaki kalem ima svoje feromagnetno jezgro koje se pomoću odvrtke pomera duž ose kalema.

Na vrlo visokim učestanostima, iznad 50 MHz, potrebna induktivnost kalemova je relativno mala pa oni imaju svega nekoliko zavojaka žice. Takvi kalemovi se prave od deblje bakarne žice, prečnika oko 1mm, bez kalemskog tela. To su tzv. samonoseći kalemovi (slika 3.3a). Pri podešavanju uređaja u koji su ugrađeni, induktivnost samonosećih kalemova se menja tako što se oni malo razvuku, tada se induktivnost

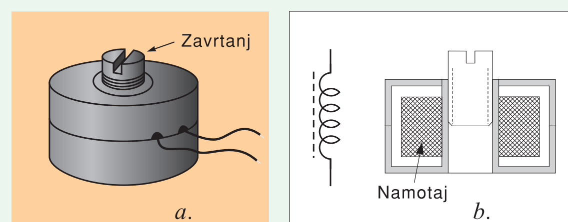


Sl. 3.3. a - samonoseći kalem, b - MFT

smanji, ili sabiju, tada se induktivnost poveća.

Na slici 3.3b je prikazan izgled metalnog kućišta u koje su smeštena dva induktivno spregnuta kalema, koji su prikazani u desnom delu. Prvi kalem sa njemu paralelno vezanim kondenzatorom *C* obrazuje tzv. paralelno oscilatorno kolo. Pomoću drugog kalema, signal se prenosi u sledeći stepen uređaja. Ovakav sklop se naziva međufrekventni transformator (MFT), i koristi se u radio-prijemnicima i sličnim uređajima. Metalno kućište služi kao Faradejev kavez, koji sprečava da se magnetno polje koje postoji oko svakog kalema, kada kroz njega teče struja, proširi izvan kućišta, kao i da spreči da neko spoljno polje indukuje napon u kalemu. Da bi odigralo ulogu kaveza, metalno kućište mora da bude spojeno sa masom. Zato se, pri projektovanju štampane pločice, prave i stopice u koje se leme dva "nosa", od kojih se jedan vidi na slici.

Kalem u lončastom kućištu izlivenom od feromagnetnog materijala prikazan je na slici 3.4a, a njegov presek na slici 3.4b. Ovakvi kalemovi se koriste na nižim učestanostima, do nekoliko desetina kiloherca. Precizno podešavanje induktivnosti vrši se pomeranjem zavrtnja od feromagnetnog materijala.



Sl. 3.4. Kalem u lončastom kućištu: a - izgled i simbol, b - presek

Posebnu vrstu kalemova čine tzv. prigušnice, koje na radnoj učestanosti imaju vrlo veliku reaktansu, a za jednosmernu struju vrlo malu otpornost. Postoje VF prigušnice (koje se koriste na visokim učestanostima) i NF prigušnice (koje se koriste na niskim učestanostima).

VF prigušnice su po izgledu slične već opisanim kalemovima. Amateri ih prave tako što kao kalemsko telo koriste običan otpornik velike otpornosti, a krajeve žice leme za nožice otpornika.

NF prigušnice se motaju na jezgrima koja su istog oblika kao i jezgra na koja se motaju mrežni transformatori, od kojih se, na prvi pogled, i ne razlikuju.

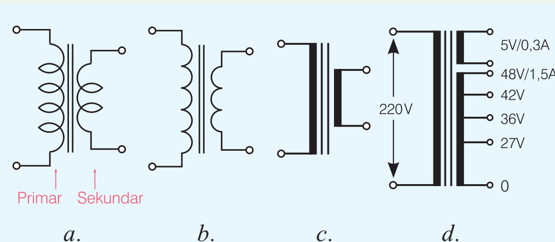
Simbol za VF prigušnice je isti kao i za već opisane kalemove, a za NF prigušnice je kao i za kalem sa jezgrom, s tim što se umesto isprekidane linije crta puna deblja (ili dve tanke) linije.

3.2. Transformatori

Za rad elektronskih uređaja neophodan je izvor jednosmernog napona. U tu svrhu mogu da se koriste baterije i akumulatori, ali je mnogo ekonomičnije ako se napajanje vrši iz električne mreže, preko ispravljača. Jedna od osnovnih komponenata ispravljača je mrežni transformator, pomoću koga se mrežni napon od 220 V transformiše u neki niži napon, recimo 12 V. Mrežni transformator ima jedan primarni namotaj na koji se priključuje mrežni napon od 220 V i jedan ili više sekundarnih namotaja na kojima se dobija jedan ili više nižih napona. U mrežnim transformatorima se najčešće koriste jezgra sklopljena od tzv. E i I transformatorskih limova, ali se koriste i jezgra od namotane trake napravljene od feromagnetnog materijala (torusna jezgra). Postoje i transformatori sa feritnim jezgrom koji se upotrebljavaju na višim učestanostima u raznim pretvaračima. Fotografija više različitih transformatora data je na slici 3.5.

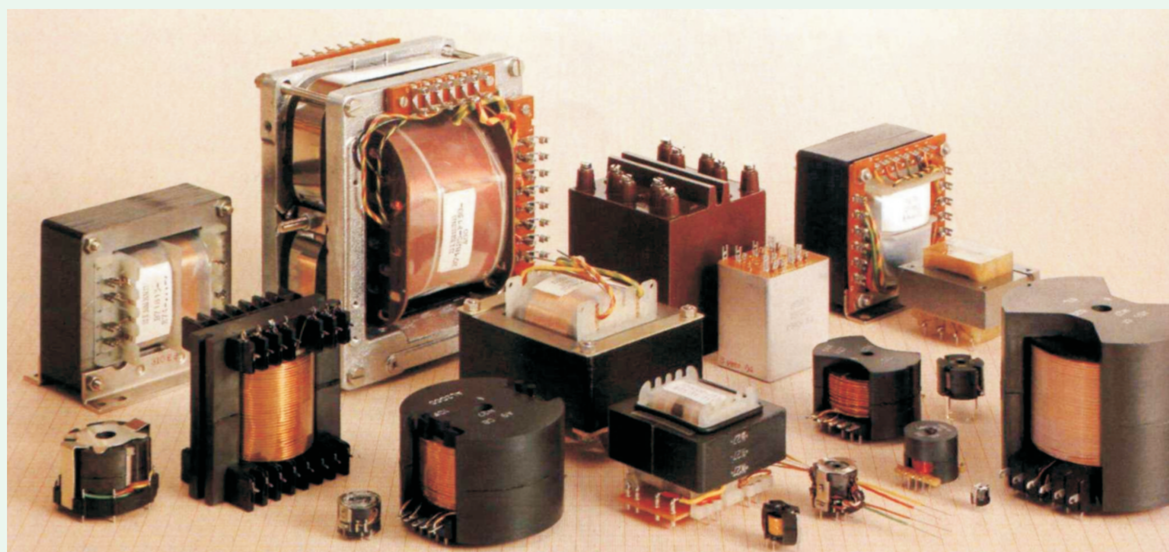
Simboli za mrežne transformatore su prikazani na slici 3.6. Na slikama 3.6a i 3.6b primar i sekundar su prikazani kao kalemovi, što oni i jesu, dok su na slikama 3.6c i 3.6d prikazani debelim linijama (što je lakše za crtanje). Dve uspravne linije simbolički pokazuju da su primar i sekundar namotani na jezgru napravljenom od transformatorskog lima.

Proizvođači, uz transformatore, daju i crtež na osnovu koga se utvrđuje koji su priključci primara, a koji sekundara, a na njemu su i podaci o naponima i maksimalnim strujama. Kada se ne poseduje ovaj crtež, primar i sekundar mogu da se odrede pomoću om-metra. Primar ima znatno više zavojaka od sekundara i mota se tanjom žicom, pa mu je otpornost znatno veća od otpornosti sekundara.



Sl. 3.6. Simboli transformatora

Na slici 3.6d je simbol transformatora koji ima dva nezavisna sekundara, a jedan od njih ima i tri izvoda. Sekundar na kome se dobija 5 V je motan tanjom žicom, tako da može da izdrži struju jačine 0,3 A, dok je drugi motan debljom žicom i njegova maksimalna struja je 1,5 A. Napon na celom većem sekundaru, od tačke označene sa O (nula) do tačke označene sa 48 V, je 48 V. Od tačke označene sa O pa do pojedinih izvoda, napon je kao što piše na izvodima. Pored označenih postoje i drugi naponi. Na primer, između tačaka označenih sa 27 V i 36 V, napon je 9 V, između 27 V i 42 V napon je 15 V, itd.



Sl. 3.5. Transformatori

3.2.1. Princip rada i osnovne karakteristike transformatora

Kao što je već rečeno, transformator ima dva namotaja, primarni i sekundarni (sl. 3.7). Kada se na primar dovede naizmenični napon U_p (u našem slučaju to je mrežni napon od 220 V), kroz njega teče naizmenična struja I_p. Ova struja stvara naizmenično magnetno polje koje prolazi i kroz sekundarni namotaj, pa se u ovome, pod dejstvom polja, indukuje napon U_s (24 V u našem primeru). Na sekundar je priključen potrošač, koji je prikazan kao otpornik čija je otpornost R_p (30 Ω u našem primeru). Naravno, to nikada nije običan otpornik već neki elektronski sklop ili uređaj čija je ulazna otpornost jednaka R_p. Na primer, u najprostijem slučaju, opterećenje bi mogla da bude električna sijalica koja radi na 24 V, a snaga joj je 19,2 W. Mogao bi da bude, najčešće to i jeste, usmerački deo ispravljača koji vuče struju od 0,8 A, itd.

Prenos električne energije iz primara u sekundar transformatora se obavlja preko magnetnog polja. Da ne bi bilo gubitaka energije, neophodno je da celokupno magnetno polje koje stvara struja primara prolazi kroz sekundar. To se postiže upotrebom gvozdenog jezgra koje ima mnogo manju magnetnu otpornost od vazduha, tako da se skoro celokupno polje nalazi u njemu.

Osnovne karakteristike transformatora su primarni i sekundarni napon, primarna i sekundarna struja (ili snaga) i koeficijent korisnog dejstva.

Primarni napon je jednak naponu mreže. U na-

šoj zemlji taj napon je 220 V, ali ima zemalja gde je on manji (110 V). Sekundarni napon je obično manji od 220 V, recimo 6 V, 9V, 15V, 24 V itd, ali može da bude i veći, što zavisi od namene transformatora. Veza između sekundarnog i primarnog napona je data izrazom:

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{N_S}{N_P},$$

u kome su N_S i N_P brojevi zavojaka primarnog i sekundarnog kalema. Na primer, ako je N_S=80 zavojaka i N_P=734 zavojaka, sekundarni napon je:

$$U_S = U_P \cdot \frac{N_S}{N_P} = 220V \cdot \frac{80}{734} = 24V.$$

Za struje važi odnos:

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P}.$$

Na primer, ako je otpornost potrošača R_P=30 Ω, tada je sekundarna struja $I_S=U_S/R_P$=24V/30Ω=0,8 A. Ako su N_S=80 zavojaka i N_P=734 zavojaka, primarna struja je:

$$I_P = I_S \cdot \frac{N_S}{N_P} = 0{,}8\,A \cdot \frac{80}{734} = 87\,mA.$$

Snaga transformatora se računa po jednoj od formula:

$$P = U_S \cdot I_S = U_P \cdot I_P.$$

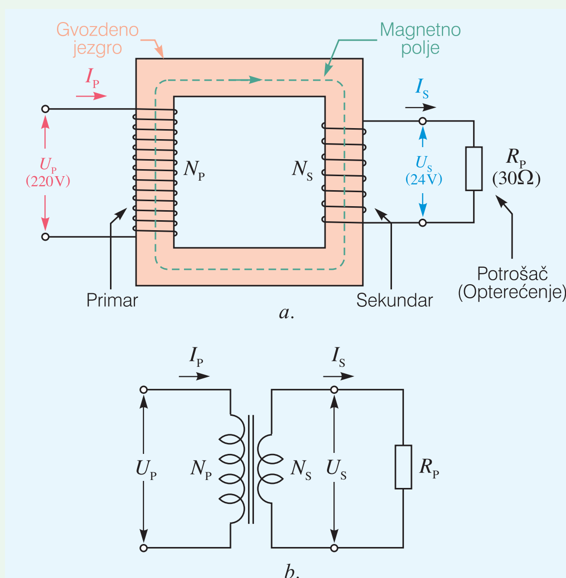
U našem primeru, snaga je:

$$P = U_S \cdot I_S = 24V \cdot 0{,}8\,A = 19{,}2\,W.$$

Sve što je do sada rečeno važi samo za slučaj idealnog transformatora u kome nema nikakvih gubitaka. Ali, takvog transformatora nema, gubici su neizbežni. Oni su posledica činjenice da žica kojom su namotani primar i sekundar ima omsku otpornost, zbog nje se transformator tokom rada greje, kao i činjenice da magnetno polje koje stvara primarna struja ne prolazi u potpunosti kroz sekundar. Zbog toga je električna snaga sekundarne struje manja od snage primarne. Njihov odnos se naziva koeficijent korisnog dejstva transformatora:

$$\eta = \frac{P_S}{P_P}.$$

Kod transformatora čije snage nisu veće od par



Sl. 3.7. Transformator: a - princip rada, b - simbol

stotina vati, koeficijent korisnog dejstva je oko η=0,85, što znači da od električne energije koju transformator uzima iz električne mreže, 85% stiže na potrošač, a 15% je izgubljeno u obliku toplote. Na primer, ako je električna snaga potrošača $U_P \cdot I_P$=30 W, tada je snaga kojom transformator opterećuje gradsku mrežu jednaka:

$$P_P = \frac{P_S}{\eta} = \frac{30W}{0{,}85} = 35{,}3W$$

Da ne bi bilo zabune, na kraju ovog dela recimo da proizvođači odlično znaju prethodnu priču i da su, što se tiče gubitaka, hlađenja i ostalih stvari, preduzeli sve potrebne mere. Znači, kada nabavljate transformator vi treba da vodite računa o potrebnom naponu i maksimalnoj struji sekundara. Ako prodavac ne zna kolika je ta struja, on sigurno zna kolika je snaga transformatora. Deljenjem snage i sekundarnog napona dobićete maksimalno dozvoljenu struju potrošača. Deljenjem snage i primarnog napona dobićete struju koju transformator vuče iz mreže, što je podatak potreban pri kupovini osigurača. U svakom slučaju, pomoću navedenih formula, moći ćete da izračunate ono što vam je potrebno.

3.3. Primeri praktične primene kalemova i transformatora

Na slici 2.6b, kalemovi, zajedno sa kondenzatorom, obrazuju dva filtra pomoću kojih se vrši već pomenuto usmeravanje struja u zvučnike. Kalem i kondenzatori C i Ct na slici 2.6c obrazuju paralelno oscilatorno kolo čijim se podešavanjem, pomoću kondenzatora C, vrši izdvajanje VF signala stanice koju želimo da primimo. Dioda i kondenzator od 10 nF, zajedno sa slušalicama (Sl.), obrazuju detektor pomoću koga se iz VF signala izdvaja (i reprodukuje) audio signal.

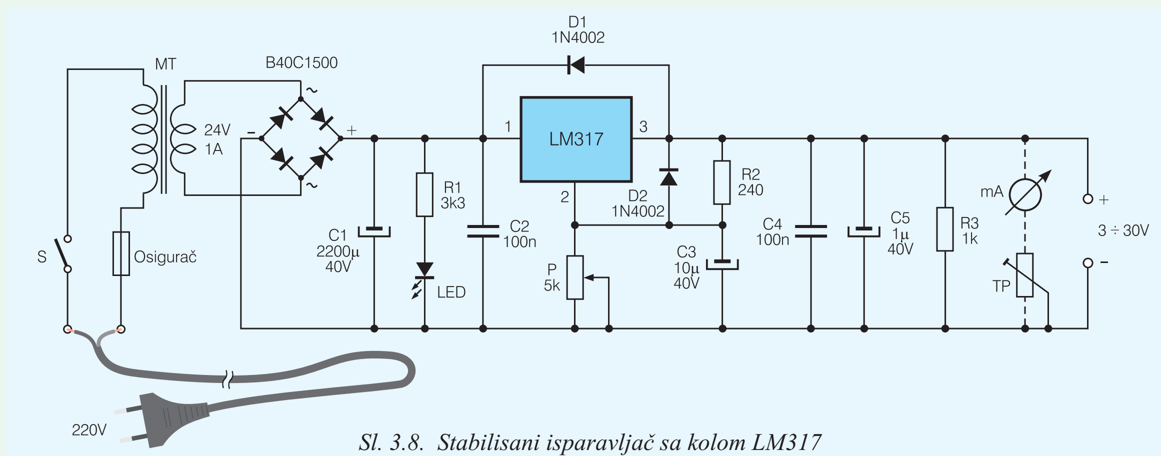
Najpoznatija oblast primene transformatora su ispravljači u kojima se koriste mrežni transformatori. Takav je i transformator MT na slici 3.8, pomoću koga se naizmenični mrežni napon od 220 V pretvara u naizmenični napon od 24 V. Mrežni napon od 220 V se dovodi na primar transformatora, preko prekidača S, kojim se ispravljač uključuje ili isključuje, i osigurača, koji štiti ispravljač od težih oštećenja.

O mrežnim transformatorima, kao i o ispravljaču sa slike 3.8, će biti mnogo više reči u "*Praktičnoj* ELEKTRONICI" koja je posvećena ispravljačima. Za sada, napomenimo da je mrežni napon od 220 V opasan po život, i da to treba stalno imati u vidu kad se nešto radi na uređajaima koji se napajaju iz gradske mreže. Pri praktičnoj realizaciji ispravljača, kako onog sa slike 3.8, tako i bilo kog drugog, za povezivanje sa mrežom MORA da se koristi originalni gajtan sa utikačem, koji su prikazani na slici 3.8. Nikako ne sme da se ide na neku improvizaciju, i da se umesto njih koriste obične izolovane žice i obični jednostruki banana utikači.

Podešavanje veličine jednosmernog izlaznog napona (u granicama od oko 3 V do 30 V) se vrši pomoću linearnog potenciometra P. Korisno je ako se u ispravljač ugradi i instrument sa kretnim kalemom povezan kao voltmetar. On je na slici obeležen sa mA.

Na slici 3.9a je prikazan jednostavan ispravljač u kome se koristi mrežni transformator sa izvodom na sredini sekundarnog namotaja. To omogućuje da se umesto Grecovog usmerača sa četiri diode, kao na slici 3.8, koriste dve diode, što u nekim situacijama može da bude značajna prednost.

Posebnu vrstu mrežnog transformatora, koji se u glavnom koristi u laboratorijama, predstavlja auto-

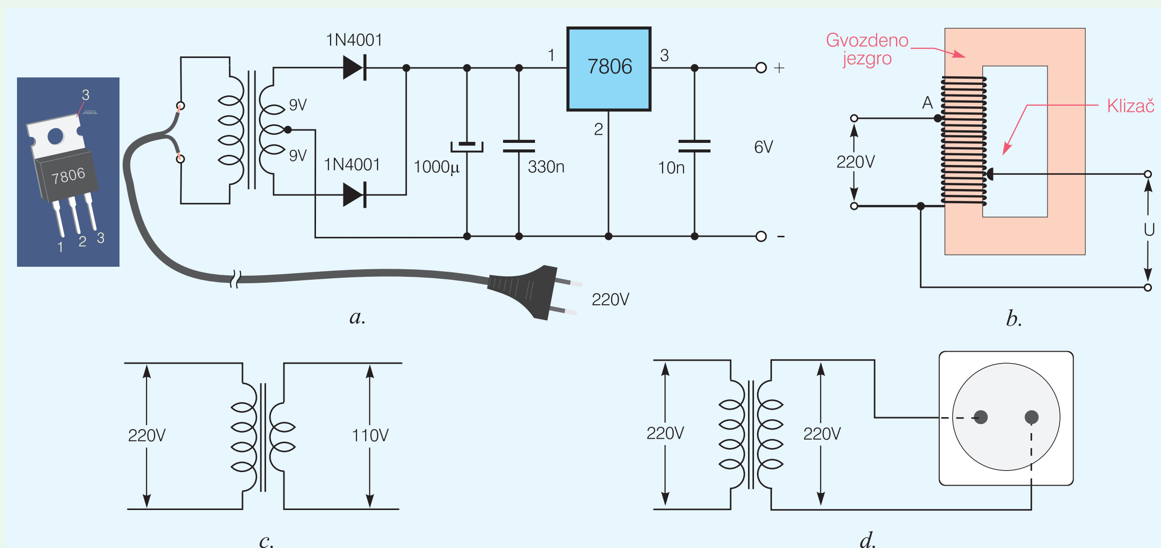


Sl. 3.8. Stabilisani isparavljač sa kolom LM317

transformator. Njegova principska šema je prikazana na slici 3.9b. On ima samo jedan namotaj, koji je namotan na istom gvozdenom jezgru koje se koristi i u običnim mrežnim transformatorima. Na tom namotaju, sa spoljne strane, je skinuta izolacija sa žice i po tom delu se pomera klizač. Izlazni napon je na slici obeležen sa *U*. Kad je klizač u krajnjem donjem položaju ovaj napon je jednak nuli. Kada se klizač pomera na gore, napon *U* raste, i kada je klizač u tački A napon je *U*=220 V. Daljim pomeranjem klizača na gore, napon *U* postaje veći od 220 V.

Mrežni transformator na slici 3.9c sa sekundarnim naponom U_s=110V se koristi za napajanje uređaja proizvedenih za upotrebu u zemaljama u kojima je mrežni napon 110 V. Pri njihovoj upotrebi treba imati u vidu da može da dođe do problema ako učestanost mrežnog napona u dotičnoj zemlji nije kao kod nas 50 Hz, već 60 Hz.

Kao poslednji primer, na slici 3.9d je prikazan tzv. razdvojni transformator. Njegov sekundar ima isti broj zavojaka kao i primar. Sekundarni napon je iste veličine kao i primarni, 220 V, ali je potpuno izolovan od gradske mreže, čime se ostvaruje veća sigurnost u pogledu strujnog udara. Naime, čak i kada korisnik stoji na vlažnom podu i sl. on može da, bez ikakvih posledica, dodirne bilo koji kraj sekundara razdvojnog transformatora, što inače nikako ne bi smeo da uradi kada je u pitanju zidna utičnica mrežnog napona.



Sl. 3.9. a - stabilisani isparavljač sa kolom 7806, b - auto-transformator, c - transformator za uređaje čiji je napon napajanja 110 V, d - razdvojni transformator

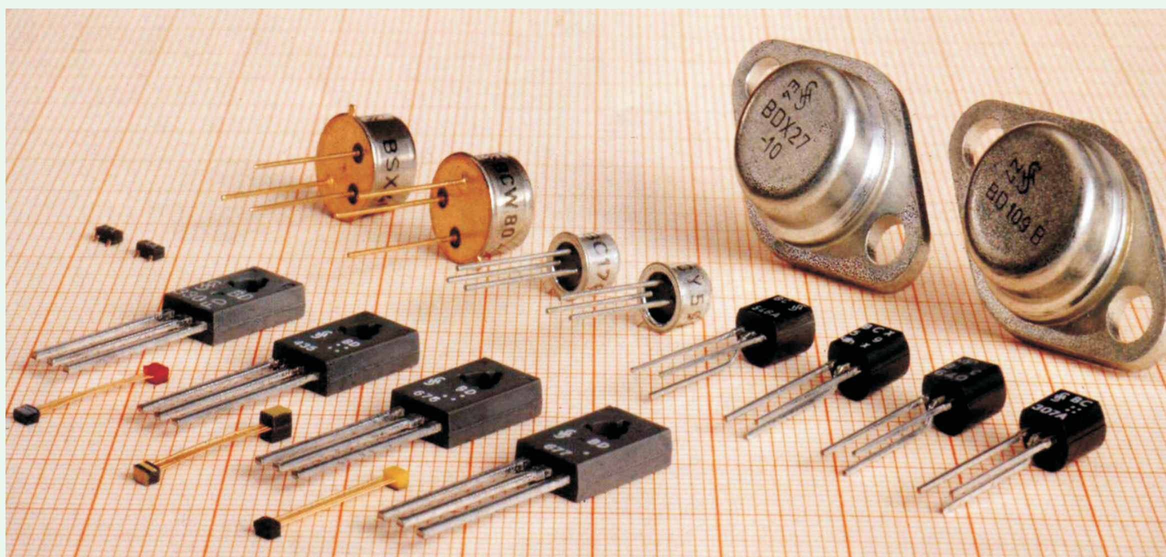
4. TRANZISTORI

Tranzistori su aktivne komponente raznih elektronskih kola. Prema ulozi koju u njima obavljaju, tranzistori se dele na pojačavačke i prekidačke komponente. Kao pojačavačke komponente, tranzistori se koriste u različitim NF (nisko-frekventnim) i VF (visoko-frekventnim) pojačavačima, oscilatorima, modulatorima, detektorima itd, odnosno u svim kolima u kojima treba ostvariti pojačanje napona, struje ili snage na neki viši nivo. Kao prekidačke komponente, tranzistori se koriste prvenstveno u raznim digitalnim uređajima, ali ih ima i u analognim uređajima, u kojima postoji potreba da se neko kolo, celo ili delimično, pod određenim uslovima, uključi ili isključi.

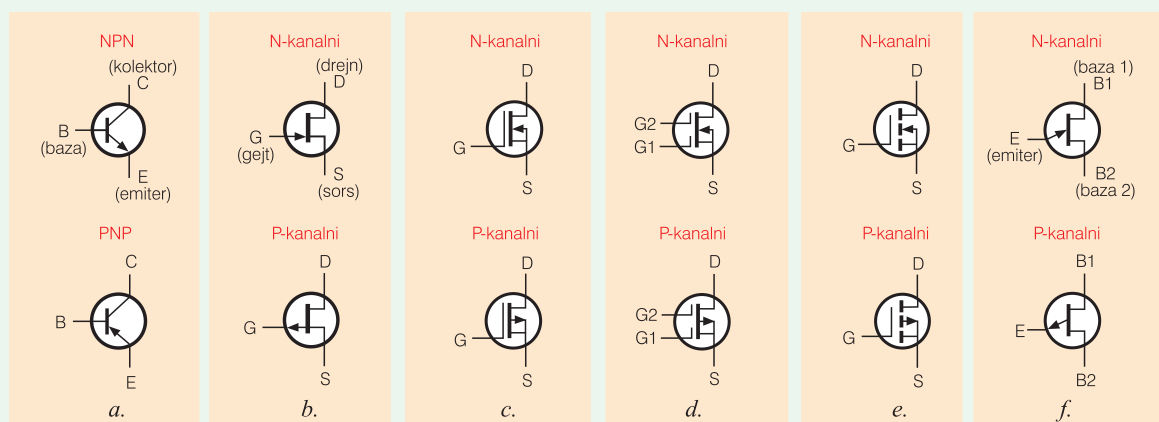
U svetu postoji veliki broj proizvođača poluprovodničkih komponenata (u koje spadaju i tranzistori), tako da postoje hiljade različitih tipova tranzistora. Postoje tranzistori malih, srednjih i velikih snaga, za rad na niskim i visokim učestanostima, prekidački tranzistori raznih snaga, za rad na visokim naponima, za rad sa velikim strujama itd. Nekoliko tranzistora je prikazano na slici 4.1.

Prema principu rada, tranzistori se dele na bipolarne, FET-ove i jednospojne tranzistore. U praksi se najviše koriste bipolarni tranzistori koji se dele u dve grupe: NPN i PNP tranzistori.

Tranzistori se najčešće proizvode od silicijuma, tada je prvo slovo u njihovoj oznaci B, ili od germanijuma, tada je prvo slovo u oznaci A. Postoje i tranzistori napravljeni od drugačijih materijala, prvo slovo u njihovim oznakama je C, D ili R.



Sl. 4.1. Tranzistori



Sl. 4.2. Simboli tranzistora: a - bipolarni, b - spojni FET, c - MOSFET, d - MOSFET sa dva gejta, e - MOSFET sa indukovanim kanalom, f - jednospojni tranzistor

Drugo slovo u oznakama tranzistora ukazuje na vrstu tranzistora, odnosno na oblast primene:

C - NF tranzistor male i srednje snage
D - NF tranzistor velike snage
F - VF tranzistor male snage
G - Razni (ostali)
L - VF tranzistor velike snage
P - Foto tranzistor
S - Prekidački tranzistor
U - Visoko naponski tranzistor

Evo i nekoliko primera:

AC540 - germanijumski, NF, male snage
AF125 - germanijunski, VF, male snage
BC107 - silicijumski, NF, male snage(do 0,3 W)
BD675 - silicijumski, NF, velike snage (40 W)
BF199 - silicijumski, VF (do 550 MHz), male snage
BU208 - silicijumski, za napone do 700 V
BSY54 - prekidački tranzistor

Može da postoji i treće slovo (R i Q - mikrotalasni tranzistor, X - prekidački tranzistor itd.), ali njegovo značenje nije isto kod svih proizvođača, pa to nije pouzdana oznaka.

Broj koji sledi iza slova nema neko određeno značenje za korisnike.

Oznake tranzistora američkih proizvođača počinju sa 2N iza čega sledi neki broj (na primer 2N3055), za razliku od dioda čiji nazivi uvek počinju sa 1N (recimo 1N4003).

Oznake japanskih bipolarnih tranzistora počinju sa 2SA, 2SB, 2SC i 2SD, a FET-ova sa 3S:

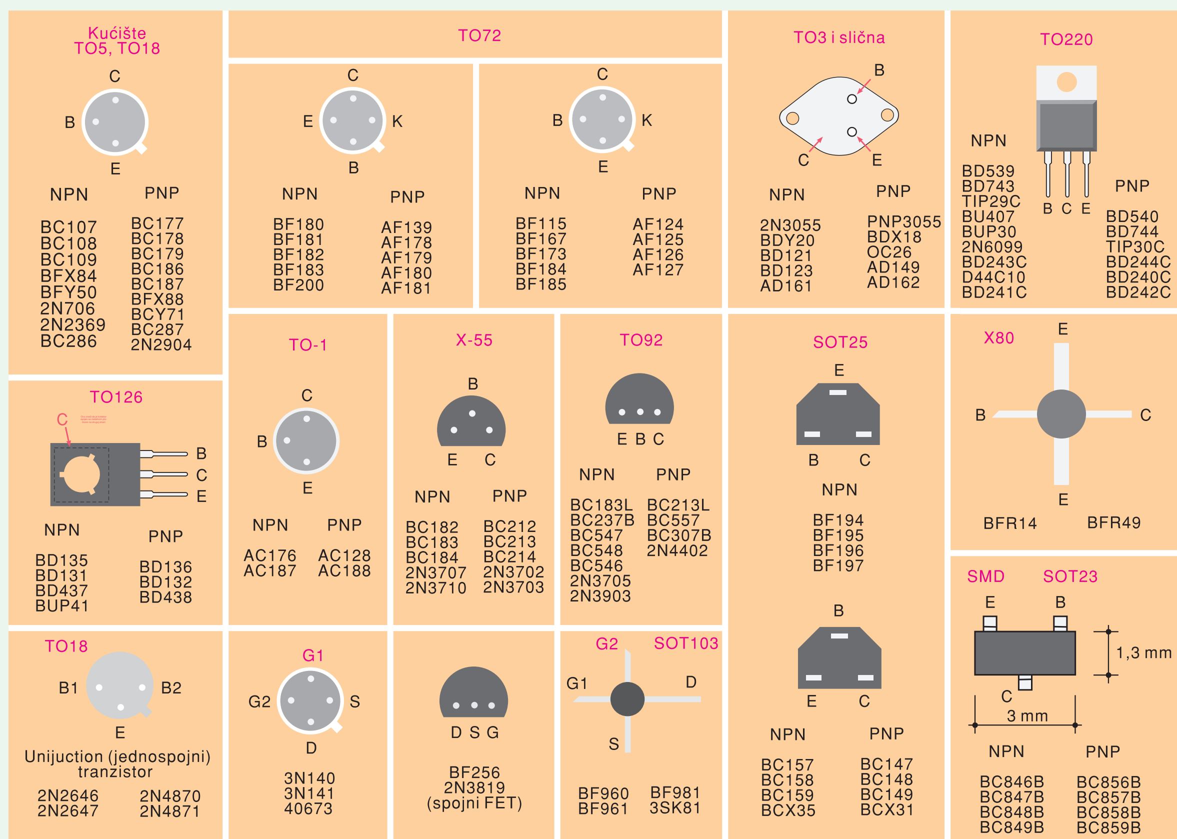
2SA - VF tranzistori PNP tipa
2SB - NF tranzistori PNP tipa
2SC - VF tranzistori NPN tipa
2SD - VF tranzistori NPN tipa

Fotografija više tranzistora data je na slici 4.1, a simboli kojima se predstavljaju na električnim šemama na slici 4.2.

Tranzistori manjih snaga su smešteni u mala metalna ili plastična kućišta različitih oblika, iz kojih izlaze tri provodnika koji kod bipolarnih tranzistora predstavljaju bazu (B), emiter (E) i kolektor (C). Ponekad, kod VF tranzistora, postoji i četvrti provodnik (k na slici 4.3, kućište TO-72). On je spojen sa metalnim kućištem tranzistora i uvek se vezuje za masu uređaja, čime se tranzistor štiti od spoljnih električnih smetnji. Četiri izvoda postoje i kod nekih drugih tranzistora, recimo kod FET-a sa dve kapije (dva gejta).

Kućišta snažnih tranzistora se upadljivo razlikuju od kućišta tranzistora malih i srednjih snaga, i po dimenzijama i po obliku.

Da bi se pouzdano znalo šta predstavljaju nožice tranzistora, neophodno je posedovati katalog proizvođača ili neki priručnik u kome je, pored ostalih podataka o tranzistoru (maksimalna struja, snaga, pojačanje i sl.), dat i crtež podnožja tranzistora sa rasporedom nožica. Raspored nožica i oznake kućišta nekih od češće korišćenih tranzistora dati su na slici 4.3.



Slika 4.3. Raspored nožica nekih tranzistora

Korisno je upamtiti raspored nožica tranzistora u kućištima TO-1, TO-5, TO-18 i TO-72 i uporediti ih sa crtežom 4.2a. Raspored je isti, a lako se pamti jer se slaže i sa rasporedom na simbolu tranzistora, a to su tranzistori sa kojima ćete se često sretati u praksi.

Iz metalnog kućišta tipa TO-3, u koja se smeštaju vrlo snažni tranzistori, vire dve nožice, to su baza i emiter. Kolektor je spojen sa kućištem, a žica kojom se kolektor spaja sa ostalim komponentama elektronskog kola se pričvršćuje za jedan od zavrtanja kojima se ovaj tranzistor pričvršćuje uz hladnjak.

Zapazite kako tranzistori za veoma visoke učestanosti (kao što je BFR14 i sl.) imaju nožice koje se po obliku veoma razlikuju od nožica ostalih tranzistora, kao i izuzetno male dimenzije SMD tranzistora (kućište SOT23).

Na kraju ovog dela, recimo da postoje hiljade različitih tranzistora, mnogi od njih imaju slične karakteristike, pa, kada se ne poseduje neki određeni tranzistor, tada se iz tzv. uporednih tablica nalazi neki drugi koji može da ga zameni. Ako vam uporedne tablice nisu pri ruci, ne preostaje vam drugo nego da probate sa nekim sličnim tranzistorom, pa ako uređaj duže vreme radi dobro - sve je u redu. Pri tome, morate da vodite računa da umesto NPN tranzistora koristite takođe NPN tranzistor, umesto PNP-a - PNP, umesto FET-a - FET, itd. Ako se radi o popravci nekog uređaja, morate da vodite računa i o rasporedu nožica.

Kao "prva pomoć" mogu da vam posluže tabele iz poglavlja 4.4, iz kojih možete da nađete zamene za neke vrlo često korišćene tranzistore male snage. Tranzistori iz ove dve tabele se često sreću u raznim stručnim časopisima, na električnim šemama mnogih elektronskih uređaja, a biće ih i u mnogim projektima elektronskih uređaja koji su opisani u sledećim knjigama edicije "Praktična ELEKTRONIKA"

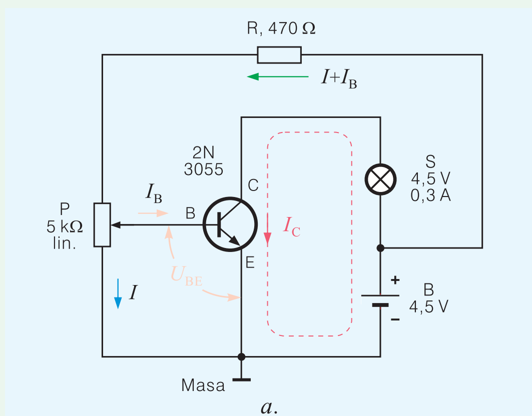
4.1. Princip rada tranzistora

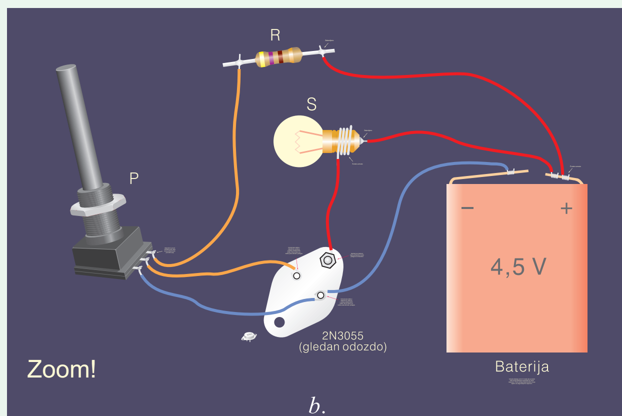
Tranzistori se u elektronskim kolima koriste za pojačavanje električnih signala, ali se sreću i u mnogim uređajima za razne vrste regulacija. Najbolji način da se upoznate sa osnovnim karakteristikama tranzistora je da izvedete jedan jednostavan eksperiment za koji su vam potrebni jedan tranzistor srednje ili veće snage, kao što su BD135, 2N3055, ili neki sličan, čija je maksimalna dozvoljena kolektorska struja oko 1A ili veća, baterija ili ispravljač od 4,5 V, sijalica (S) iz džepne svetiljke sa oznakom 4,5V/0,3A ili neka slična, linearni potenciometar (P) otpornosti pet kilooma ili veće i otpornik (R) otpornosti nekoliko stotina oma. Ove komponente treba povezati prema električnoj šemi na slici 4.4a. To, ako koristite 2N3055, možete da uradite na način koji je prikazan na slici 4.4b.

Spajanje je obavljeno lemljenjem, pomoću komada izolovane bakarne žice. (Ako vam lemljenje nije "jača strana", proučite poglavlje 1.1 iz drugog dela ove knjige). Spoj sa krajevima baterije i telom sijalice može da se ostvari prostim obmotavanjem i pritezanjem žice oko njih. Tako može da se ostvari i spoj sa kolektorom, ali je sigurnije ako koristite zavrtanj prečnika 3 mm. Zadnja komponenta koja se povezuje je baterija, (njen negativan kraj).

Otpornik R nije neophodan, ali, ako ga nema, treba dobro da pazite da klizač potenciometra ne stavite u krajnji gornji položaj, jer bi tada tranzistor bio uništen. Naime, jednosmerni napon U_{BE} (napon između baze i emitera), koji se naziva prednapon, ne sme da bude znatno veći od 0,6 V, kod silicijumskih, odnosno od 0,2 V, kod germanijumskih tranzistora. Kada nema zaštitnog otpornika R, a klizač je u gornjem položaju, prednapon je U_{BE}=4,5 V, i tranzistor , skoro sigurno, pregoreva.

Linija koja na slici 4.4a povezuje donji kraj potenciometra, emiter i negativni pol baterije, a koja, u suštini, simbolički predstavlja žicu kojom su ove komponente spojene, na slici 4.4b je povezana sa sim-





Sl. 4.4. Princip rada tranzistora: klizač se pomera na gore - napon na bazi se povećava - struja baze se povećava - struja kolektora se povećava - sijalica jače svetli, i obrnuto: klizač se pomera na dole . . .

bolom za masu uređaja. To znači da bi, u slučaju da je uređaj sa slike 4.4 smešten u metalnu kutiju, pomenuta žica bila spojena sa kutijom. Kada se na uređaju vrše neka merenja, recimo merenja jednosmernih napona, tada se negativan pol instrumenta za merenje vezuje na masu. Na primer, ako bi na slici 4.4a pored kolektora pisalo U_C=3 V, ili samo 3 V, to znači da je jednosmerni napon između kolektora i mase jednak tri volta.

Okrenite osovinu potenciometra skroz ulevo. Time se klizač na slici dovodi u krajnji donji položaj pa je napon na bazi, tj. napon između baze i mase jednak nuli. Pošto je emiter spojen sa masom, napon na njemu je jednak nuli, pa je prednapon tranzistora jednak nuli, tj. U_{BE}=0. Sijalica *ne* svetli, što je dokaz da kroz tranzistor *ne* teče struja.

Kao što smo rekli, napon na donjem kraju potenciometra je jednak nuli, a na gornjem kraju, ako, radi jednostavnijeg razmatranja, zanemarimo otpornik R, je 4,5 V. Kada klizač, iz krajnjeg donjeg položaja pomeramo na gore, napon na njemu postaje veći da bi, kad klizač stigne u krajnji gornji položaj, postao jednak 4,5 V. To znači da napon na klizaču može da, u zavisnosti od položaja u kome se nalazi, ima bilo koju vrednost između nule i 4,5 V. Situacija je malo drugačija kada se ima u vidu i otpornik R, tada je napon na gornjem kraju potenciometra manji od 4,5 V, ali, u svakom slučaju, pri pomeranju klizača na gore, napon na klizaču, a time i na bazi tranzistora, postaje sve veći. Napon na klizaču je prednapon tranzistora, i kada on dostigne vrednost od približno U_{BE}= 0,7V, vlakno sijalice se zacrveni, što znači da kroz redno vezane bateriju, sijalicu i tranzistor (od kolektora ka emiteru) teče struja. To je kolektorska struja I_C. Pomeramo klizač i dalje na gore, i sijalica sve jače svetli, što znači da struja I_C postaje sve veća. Vrtite sada osovinu potenciometra čas levo - čas desno i sijalica će, u istom ritmu, da sija čas slabije - čas jače.

Ako se umesto žice koja spaja gornji kraj sijalice i kolektor, priključi ampermetar (za merenje I_C), između klizača i baze još jedan ampermetar (za merenje I_B), a između baze i mase priključi voltmetar (za merenje U_{BE}) i ceo eksperiment ponovi, dobijaju se sledeći rezultati. Kada je klizač u donjem položaju, prednapon je U_{BE}=0, a struje su I_B=0 i I_C=0. Dok se klizač pomera na gore, napon U_{BE} i obe struje rastu, i kada sijalica počne da „tinja", oni postaju U_{BE}=0,6 V, I_B=0,8 mA i I_C=36 mA. Pri daljem pomeranju klizača, napon i struje i dalje rastu da bi, kad sijalica zasvetli punim sjajem, dostigli vrednosti U_{BE}=0,64 V, I_B=3,5 mA i I_C=250 mA. (Ako se brojčane vrednosti koje dobijete ne slažu u potpunosti sa vrednostima u tekstu, ne brinite mnogo. To je posledica činjenice da vaš 2N3055 nema iste karakteristike kao onaj koji je koristio autor, što je normalna stvar za tranzistore.)

Krajnji zaključak, koji možemo da izvučemo iz ovog eksperimenta, je da se pri promeni napona na bazi menja i kolektorska struja:
veći napon na bazi -veća struja, i obrnuto, manji napon - manja struja. Pored struje kolektora, kroz tranzistor teče i struja baze I_B. Kada je U_{BE}< 0,7 V ona je jednaka nuli, a raste pri povećanju U_{BE} iznad 0,7 V.

(Da ne bude zabune, na slici 4.4a postoji i struja *I* koja stalno teče, bez obzira na položaj klizača, ali ona za sada nije od značaja).

Pogledajmo još jedan eksperiment koji će nam produbiti znanja o tranzistorima. Za njega su potrebni tranzistor BC107, ili bilo koji sličan tranzistor male snage, baterija ili ispravljač od 4,5 V, otpornik (R) otpornosti oko 1 megaom, slušalice otpornosti 1 kiloom ili veće i elektrolitski kondenzator (C) bilo koje kapacitivnosti u granicama od 10 do 100 mikrofarada i bilo kog radnog napona. Povezivanjem ovih komponenata prema električnoj šemi na slici 4.5a i montažnoj na slici 4.5b, ostvaruje se jednostavan NF (niskofrekventni) pojačavač.

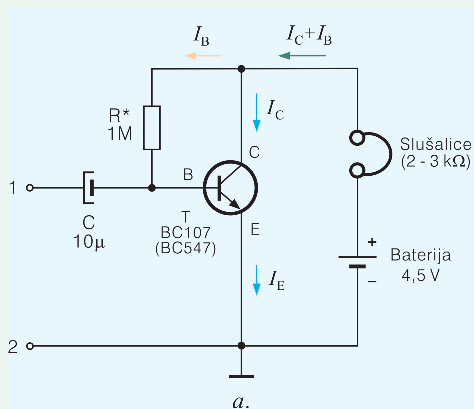
Zapazite da je šema sa slike 4.5 slična šemi sa slike 4.4. Razlika je u tome što je tzv. kolektorsko opterećenje na slici 4.4 sijalica, a na slici 4.5 - slušalice. Pored toga, potreban prednapon na slici 4.5 se dobija na jednostavniji način, pomoću samo jednog otpo-rnika (R). Kada ovaj otpornik nije priključen, nema struje I_B, pa je i I_C=0. Sa priključenim otpornikom, napon na bazi je oko 0,6 V, pa je i U_{BE}=0,6 V i kroz tranzistor teku struja baze I_B=4 μA i struja kolektora I_C= 1 mA. Obe ove struje ulaze u tranzistor pa je jasno da je emiterska struja I_E=I_C+I_B. Pošto je struja baze zanemarljivo mala u odnosu na struju kolektora, u praksi se uvek smatra da je:

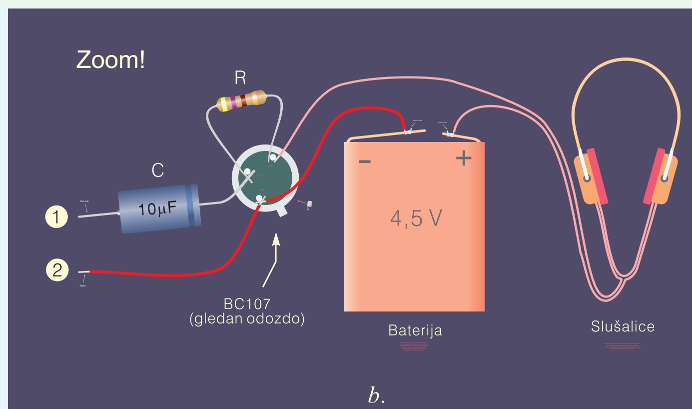
$$I_E = I_C.$$

Odnos struje kolektora i struje baze naziva se koeficijentom strujnog pojačanja tranzistora i obeležava se sa h_{FE}. U našem primeru, koeficijent strujnog pojačanja je:

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1\,mA}{4\,\mu A} = \frac{1\cdot 10^{-3}\ A}{4\cdot 10^{-6}\ A} = 250.$$

Stavite slušalice na uši i dodirnite prstom tačku 1. U slušalicama će se čuti brujanje. U telu svakog čoveka postoji naizmenični napon učestanosti 50 Hz, koji se indukuje pod dejstvom električnog polja koje





Sl. 4.5. Pojačavač sa tranzistorom

stvaraju provodnici mrežnog napona od 220 V. Brujanje koje se čuje u slušalicama je taj napon koji je pojačan u pojačavaču i reprodukovan pomoću slušalica. To se ostvaruje na sledeći način. Naizmenični napon učestanosti 50 Hz, preko kondenzatora za spregu C, dolazi na bazu tranzistora. Sada je ukupni napon na bazi jednak zbiru jednosmernog napona od oko 0,6 V, koji se dovodi preko otpornika R i naizmeničnog napona "iz prsta". To znači da je ukupni napon na bazi pedeset puta u sekundi malo veći i pedeset puta malo manji od 0,6 V. Zbog toga je i kolektorska struja pedeset puta u sekundi veća od 1 mA i pedeset puta manja od 1 mA. Ta promenljiva struja pomera membranu slušalica, pedeset puta u sekundi u napred i pedeset puta u sekudi u nazad, i u slušalicama se čuje ton učestanosti 50 Hz.

Slušanje brujanja od 50 Hz nije naročito zabavno, pa možete na ulaz, između tačaka 1 i 2, da priključite neki izvor NF signala kao što je zvučnica gramofona, izlaz iz CD plejera, neki mikrofon (u tu svrhu možete da koristite i zvučnik malih dimenzija) i sl.

* Ako pojačavač na slici 4.5 ne radi dobro, ili uošpte ne radi, treba probati sa većim ili manjim vrednostima otpornosti otpornika R.

Postoje hiljade električnih šema sa tranzistorima kao aktivnim, pojačavačkim, komponentama. U svima tranzistor radi ono što smo videli u našim eksperimentima:

Promenljivi napon na bazi stvara promenljivu struju baze i promenljivu struju kolektora. Promenljiva struja kolektora protiče kroz kolektorsko opterećenje (u našem slučaju to su slušalice, ali to može da bude i otpornik, zvučnik, itd.) i na njemu stvara promenljivi napon. Taj napon je istog oblika kao promenljivi napon na bazi, ali je od njega znatno veći. Odnos amplituda napona na opterećenju, to je izlazni napon, i napona koji smo doveli između tačaka 1 i 2, to je ulazni napon, naziva se naponsko pojačanje.

4.2. Osnovne karakteristike tranzistora

Osnovne električne karakteristike, na osnovu kojih se za svaku praktičnu primenu vrši odabiranje tranzistora, su: maksimalni napon između kolektora i emitera U_{CEmax}, maksimalna kolektorska struja I_{Cmax} i maksimalna snaga P_{Cmax}. Ove tri karakteristike nikako ne smeju da budu veće od vrednosti koje u svojim katalozima daje proizvođač jer, ako se to desi, neminovno dolazi do trajnog oštećenja (pregorevanja) tranzistora. Pored njih, za praktičnu primenu tranzistora vrlo je značajan i koeficijent strujnog pojačanja tranzistora, a, pru radu na vrlo visokik učestanostima, i granična učestanost.

Kada između kolektora (C) i emitera (E) tranzistora postoji neki jednosmerni napon U_{CE}, a kroz njega teče kolektorska struja I_C, tranzistor se, jednostavno govoreći, ponaša kao mala električna grejalica čija je snaga P_C data formulom:

$$P_C = U_{CE} \cdot I_C .$$

Usled toga, tranzistor se zagreva, a toplota se sa njega prenosi u okolni prostor. Pri povećanju U_{CE} ili I_C (ili i jednog i drugog), tranzistor se sve više zagreva i, kada to dostigne neku određenu granicu, dolazi do razaranja materijala od koga je tranzistor naparavljen i on biva uništen. Maksimalna snga, pri kojoj tranzistor još uvek normalno radi je P_{Cmax}. To znači da proizvod napona U_{CE} i struje I_C ne sme da bude veći od P_{Cmax}:

$$U_{CE} \cdot I_C = P_{C\max} .$$

Iz ovog obrasca se vidi da ako kroz tranzistor treba da teče velika struja - mora da se smanji napon, i obrnuto, ako napon treba da bude veliki - mora da se smanji struja, tako da njihov proizvod nikada ne bude veći od P_{Cmax}.

Na primer, snaga i maksimalne dozvoljene vrednosti struje i napona za tranzistor BC107 su:

P_{Cmax}=300 mW,
I_{Cmax}=100 mA i
U_{CEmax}=45 V.

Ako kroz tranzistor treba da teče struja I_C=60 mA, tada napon između kolektora i emitera ne sme da bude veći od:

$$U_{CE} = \frac{P_{C\max}}{I_C} = \frac{300\,mW}{60\,mA} = 5\,V.$$

Na sličan način, ako napon između kolektora i emitera treba da bude U_{CE}=30 V, tada kroz tranzistor ne sme da teče struja veća od:

$$I_C = \frac{P_{C\max}}{U_{CE}} = \frac{300\,mW}{30\,V} = 10\,mA.$$

Inače, što se ostalih podataka tiče, ovaj tranzistor ima koeficijent strujnog pojačanja u granicama od h_{FE}=110 do h_{FE}=450, a može da se koristi na učestanostima do f_T=300 MHz. Prema preporuci proizvođača, optimalni rezultati (stabilan rad pojačavača, mala izobličenja i šum, veliko pojačanje itd.) se postižu pri U_{CE}=5 V i I_C=2 mA.

Koeficijent strujnog pojačanja h_{FE} naročito je korisno poznavati za tzv. uparene tranzistore, koji treba da imaju skoro ista pojačanja. U takvim slučajevima, ne vredi mnogo što koristite dva tranzistora sa potpuno istim oznakama, od istog proizvođača, jer i ta-

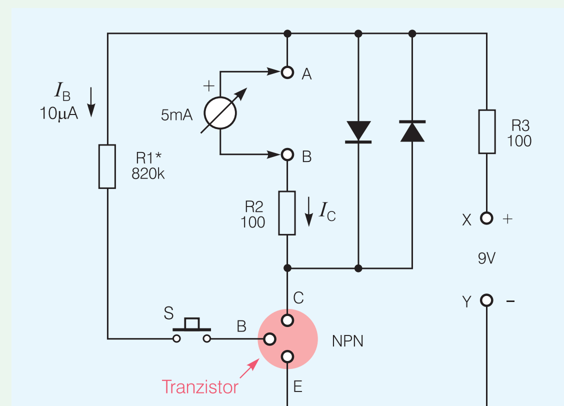
da oni mogu da imaju veoma različite koeficijente strujnog pojačanja. Na primer, za tranzistor 2N3055H, u katalogu proizvođača stoji da se koeficijent strujnog pojačanja nalazi u granicama od 20 do 70. To znači da, ako kupite dva tranzistora, može da se desi da jedan ima h_{FE}=20, a drugi h_{FE}=70. Kao što se vidi, u slučajevima kada je važno da se zna koliki je koeficijent strujnog pojačanja nekog tranzistora, treba ga izmeriti. Bolji univerzalni instrumenti imaju mogućnost tog merenja, ali većina nema. Ako posedujete univerzalni instrument koji ima opseg za merenje jednosmernih struja do 5 mA, merenje koeficijenta strujnog pojačanja možete da obavite pomoću jednostavnog kola čija je šema prikazana na slici 4.6. Obe diode (1N4001 ili dve slične silicijumske diode opšte namene) i otpornici R2 i R3 služe za zaštitu instrumenta od kratkog spoja do koga bi došlo ako je tranzistor "probio".

Kao što je već rečeno, koeficijent strujnog pojačanja je $h_{FE}=I_C/I_B$. U kolu na slici, kada se pritisne taster prekidač S, teče struja baze koja je približno jednaka I_B=10 μA, pa, ako je struja kolektora izražena u miliamperima (nju pokazuje instrument), koeficijent pojačanja je:

$$h_{FE}=100 \cdot I_C$$

Pri merenju NPN tranzistora, bateriju, odnosno ispravljač i instrument treba priključiti kao na slici. Za PNP tranzistore polaritet je suprotan: plus pol baterije je u tački Y a minus pol u tački X. U tom slučaju treba zameniti i krajeve instrumenta (ako je to analogni instrument sa iglom). Ako je instrument digitalni, ne treba ništa menjati, a ispred broja koji označava struju pojaviće se znak – (minus), što znači da struja teče u suprotnom smeru.

Na primer, ako instrument pokazuje da je kolektorska struja I_C=2,4 mA, koeficijent strujnog pojačanja je h_{FE}= 100·2,4=240.



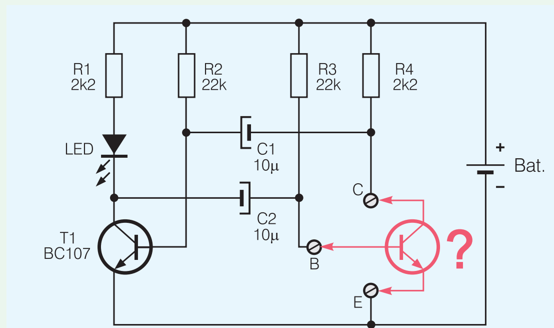
Slika 4.6. Merenje koeficijenta strujnog pojačanja tranzistora h_{FE}

Sva tri otpornika i diode treba smestiti u malu kutiju, napravljenu od plastike, drveta ili nekog drugog izolacionog materijala Na njenoj gornjoj strani se nontiraju četiri buksne (utičnice): dve (X i Y) za priključenje napajanja, i dve (A i B) za priključenje instrumenta. Pored njih, montira se taster prekidač S i tri zavrtnja (C, B i E). Na njih se naslanjaju nožice tranzistora čiji se koeficijent strujnog pojačanja meri.

Merenje se obavlja tako što se nožice tranzistora naslone na zavrtnje, pritisne taster i pročita struja I_C. Zatim se, po gornjem obrascu, izračuna h_{FE}.

4.3. "Najsigurnija" provera tranzistora

Autor ovog teksta je imao prilike da razgovara sa serviserima raznih elektronskih uređaja koji su tvrdili da su imali slučajeve da se tranzistor ponaša sasvim normalno kada ga proveravaju instrumentom, a da u kolu iz koga je izvađen ipak ne radi kako treba. Iz toga, oni izvlače zaključak da provera pomoću instruenta, ipak, nije 100% pouzdana. U takvim slučajevima, tvrde pomenuti trudbenici, korisno je koristiti neki oscilator kao što je onaj na slici 4.7. To je multivibrator. LED dioda trepće (naizmenično se pali i gasi nekoliko puta u sekundi) ako su oba tranzistora ispravna. Ako ona trepće i kada umesto T_2 stavite tranzistor čiju ispravnost proveravate, taj tranzistor je sigurno ispravan (tvrde gore pomenuti). Napon baterije kojom se kolo sa slike 4.7 napaja je u granicama od 4,5 V do 12 V. Ako vam jačina svetlosti diode nije dovoljno velika, smanjite otpornost otpornika R_1, a ako vam i učestanost oscilovanja ne odgovara menjajte vrednosti R_2 i R_3 ili C_1 i C_2. Ceo uređaj treba smestiti u malu kutiju. Na njenoj gornjoj strani treba probušiti rupu kroz koju treba da "viri" LED, i namontirati tri mala zavrtnja (E, B i C) na koje se naslone nožice tranzistora koji se testira.



Sl. 4.7. Oscilator za proveru ispravnosti tranzistora

Kolo sa slike može da se koristi i za testiranje PNP tranzistora. U tom slučaju T_1 treba da je PNP tranzistor, a LED, C_1, C_2 i bateriju treba okrenuti (zameniti im krajeve).

4.4. TUN i TUP

Mnogi elektronski uređaji normalno rade, i ako se umesto tranzistora sa jednom oznakom koriste drugi, slični tranzistori, sa drugom oznakom. U tom smislu, u nekim časopisima na pojedinim električnim šemama pored tranzistora stoje oznake TUN ili TUP. TUN označava tzv. univerzalni tranzistor NPN tipa, a TUP univerzalni tranzistor PNP tipa sledećih karakteristika:

U_{CEmax}	20V
I_{Cmax}	100 mA
h_{FEmin}	110
P_{Cmax}	100 mW
f_{Tmin}	100 MHz

Neki od TUN-ova su:

BC107((8,9)	BC147(8,9)	BC207(8,9)
BC237(8,9)	BC317(8,9)	BC347(8,9)
BC547(8,9)	BC171(2,3)	BC182(3,4)
BC382(3,4)	BC437(8,9)	2N3856A

2N385 2N3860 2N3904 2N3947 2N4124 itd.

Neki od TUP-ova su:

BC157(8,9)	BC177(8,9)	BC204(5,6)
BC212(3,4)	BC251(2,3)	BC261(2,3)
BC307(8,9)	BC320(1,2)	BC350(1,2)
BC512(3,4)	BC557(8,9)	BC416

2N2412 2N3251 2N3906 2N4126 2N4291 itd.

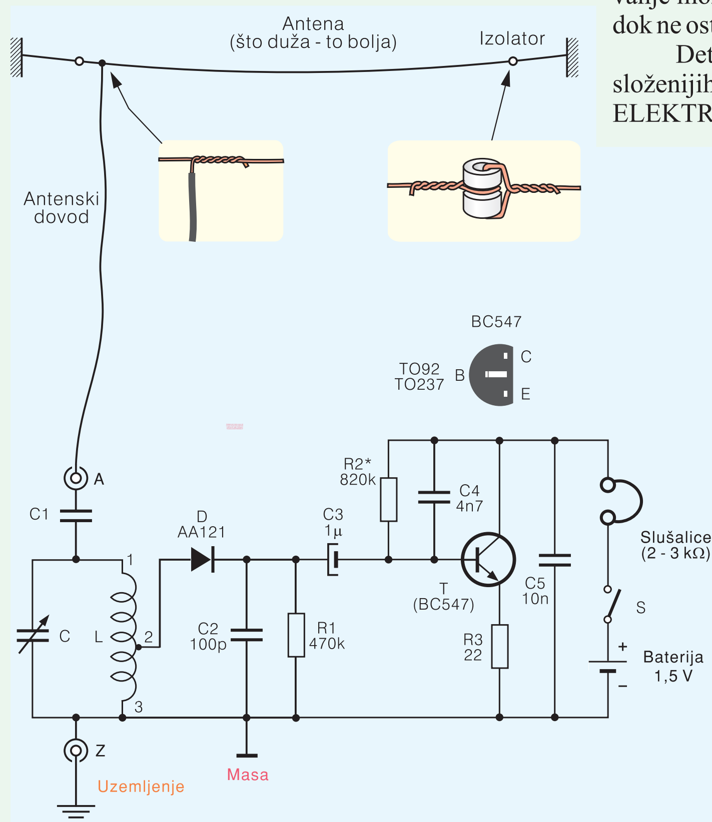
U analognim elektronskim kolima tranzistori se najčešće koriste kao aktivne (pojačavačke) komponente raznih pojačavača (slike 1.5a i 2.6a), oscilatora (slika 1.5b) i drugih sličnih kola. Kao još jedan primer praktične upotrebe tranzistora, na slici 4.8a je data električna šema jednostavnog detektorskog radio-prijemnika.

Promenljivi kondenzator C i kalem L obrazuju paralelno oscilatorno kolo, pomoću koga se iz mnoštva napona, koje u prijemnoj anteni stvaraju razni predajnici, izdvaja signal samo jedne stanice. Dioda AA121, kondenzator od 100 pF i otpornik od 500 kΩ obrazuju diodni detektor, pomoću koga se iz VF napona stanice izdvaja informacija (muzika, govor). Informacija se dobija na otporniku od 500 kΩ, odakle se, preko sprežnog kondenzatora od 5 μF, vodi na bazu tranzistora. Tranzistor, otpornik, slušalice i baterija obrazuju NF pojačavač u kome se vrši pojačanje i reprodukcija zvučnog signala.

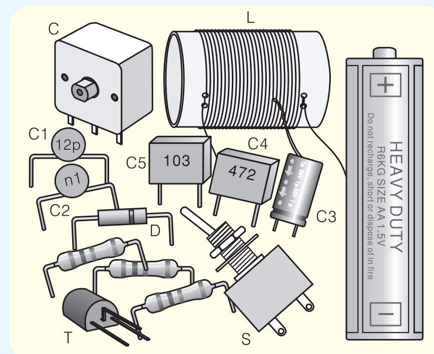
Na slici 4.8 su prikazani i simboli kojima se obeležavaju masa i uzemljenje. Početnici obično ne prave razliku između ova dva pojma, smatrajući da je to jedna ista stvar. *Nije*! Na štampanoj pločici, masa je bakarna traka čije su dimenzije upadljivo veće od svih ostalih traka. Kada se radio-prijemnik sa slike 4.8a realizuje na štampanoj pločici, masa je bakarna traka koja povezuje stopice u koje su zalemljeni donji kraj kondenzatora C, kalema L, kondenzatora od 100 pF, otpornika od 470 kΩ, otpornika R3 i negativan pol baterije za napajanje. Sa druge strane, uzemljenje je metalna šipka zabijena u vlažnu zemlju, vodovodna instalacija, elastični kontakti u šuko utičnici itd. Neki elektronski uređaji imaju uzemljenje iz sigurnosnih razloga (bojler, frižider, električna grejalica itd.), neki ga nemaju, ali svi imaju masu. Pri tome, ako ga ima, uzemljenje se uvek spaja sa masom uređaja, odakle, verovatno, i potiče pogrešno mišljenje da su masa i uzemljenje jedna ista stvar.

Otpornik R2 na slici 4.8 služi za dovođenje potrebnog jednosmernog napona na bazu tranzistora. Ovaj napon treba da je oko 0,7 V, tako da napon na kolektoru bude približno jednak polovini napona baterije. Ako to nije slučaj, treba koristiti otpornik manje ili veće otpornosti, o čemu je već bilo reči. Ovo podešavanje može da se obavi i "na sluh": menjajte otpornik dok ne ostvarite najglasniji prijem.

Detaljna uputstva o izradi ovog, i mnogih drugih složenijih, radio-prijemnika su data u "Praktičnoj ELEKTRONICI" posvećenoj radio-prijemnicima.



C1 - 5pF.....30 pF
C2 - 100pF.....1nF
C3 - 470nF....5μF
L - 0,35 mH
C - C_{min}=12pF, C_{max}=218pF
R1 - 500kΩ.....50 kΩ
R2 - 500 kΩ.....2,2 MΩ
D - DUG (AA112, AA116, AA121, 1N34 i sl.)
T - TUN (BC547, BC107,8,9 i sl.)



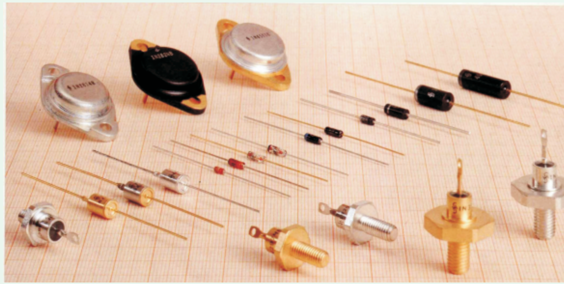
Sl. 4.8. Detektorski prijemnik sa jednostavnim pojačavačem

5. DIODE

Diode se, kao i tranzistori, prave od poluprovodničkog materijala, pa i kod njih prvo slovo u oznaci može da bude A (germanijumska dioda), ili B (silicijumska) dioda. Diode su smeštene u stakleno, plastično ili metalno kućište iz koga izlaze dva provodnika, jedan od njih je anoda (A), a drugi katoda (K). Najvažnija osobina svih dioda je da je njihova otpornost u jednom smeru mala, recimo 6 Ω, a u suprotnom vrlo velika, recimo 600 kΩ. To znači da kada se dioda priključi u neko električno kolo, tako da je napon na anodi veći od napona na katodi, dioda se ponaša kao otpornik male otpornosti (6 oma). Ako se dioda u istom kolu okrene, tako da je napon na katodi veći od napona na anodi, dioda se ponaša kao otpornik velike otpornosti (600 kilooma). U prvom slučaju, za diodu se kaže da je polarisana propusno, a u drugom nepropusno. Jasno je da je struja kroz propusno polarisanu diodu mnogo, u našem primeru sto hiljada puta, veća od struje kroz nepropusno polarisanu diodu, pa se za propusno polarisanu diodu kaže da je provodna, a za nepropusno po-

larisanu da je neprovodna.

Na slici 5.1 je prikazan izgled nekoliko dioda, a na slici 5.2 su njihovi simboli.



Sl. 5.1. Diode

Ispravljačke diode, kao što im kaže ime, se koriste u ispravljačima, bilo kao posebne komponente, bilo kao četiri diode u zajedničkom kućištu, pod imenom Grecov (ili mostni) usmerač.

Na slici 5.2a je simbol za ispravljačku diodu. Ispravljačke diode su 1N4001, BY238, AY260, itd. One su konstruisane tako da mogu da izdrže relativno veliku struju u provodnom smeru i relativno veliki napon u neprovodnom. Te dve veličine su njihove glavne karakteristike.

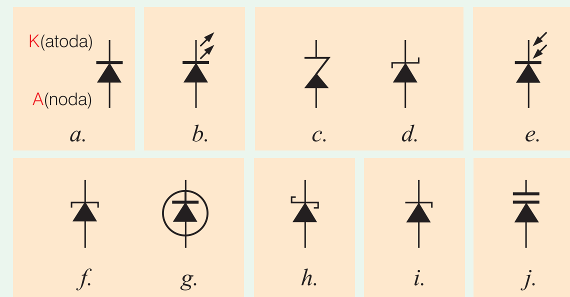
Detektorske ili VF diode se na šemama prikazuju istim simbolom kao i ispravljačke diode (sl. 5.2a), ali se od njih znatno razlikuju. To su diode vrlo malih snaga tj. malih struja, koje se koriste u kolima, kao što su detektori modulisanih signala u radio-prijemnicima, ograničavačima napona i sl. Proizvode se od poluprovodnika na bazi germanijuma, pa je prvo slovo u njihovoj oznaci A, na primer AA121. Drugo A u oznaci ukazuje na VF diodu. Najčešće se pakuju u staklenu cevčicu (koja je obojena crno ili sivo) iz koje izlaze dve žice.

LED diode (sl. 5.2b) su konstruisane u obliku malih crvenih, žutih i zelenih sijalica i koriste se kao svetlosni indikatori. Pri njihovom vezivanju u kolo treba da se pazi na polaritet, anoda mora da se veže u tačku u kojoj je napon veći. Kada je u pitanju naizmenični napon, polaritet diode nije od značaja. Ali, u oba slučaja, na red sa diodom treba vezati zaštitni otpornik, jer bez njega dioda pregoreva. Za napone do dvadesetak volti, treba probati sa otpornikom otpornosti nekoliko kilooma, pa, ako je svetlost suviše slaba, uzeti otpornik manje otpornosti i obrnuto, ako je svetlost prejaka, uzeti otpornik veće otpornosti.

Zenerove, ili Cenerove, diode (sl. 5.2c ili 5.2d) su stabilizatorske diode koje se koriste u ispravljačima, u delu koji se naziva stabilizator napona. Drugo slovo u oznaci ovih dioda je Z, na primer BZ6. Broj 6 označava radni napon diode. Ako iza Z stoji i Y to je snažna Zenerova dioda, recimo BZY12. Oznaka može da bude i drugačijeg formata, ali u njoj uvek postoji i podatak o zenerovom naponu. Tako, na primer, postoje diode čije su oznake ZPD5,6 V i ZPY15 V, čiji su radni naponi 5,6 V i 15 V. U elektronskim kolima, Zenerove diode su uvek polarisane nepropusno, tj. jednosmerni napon na katodi je pozitivan u odnosu na napon na anodi.

Foto dioda (sl. 5.2e) je tako konstruisana da na njen P-N spoj može da dospe svetlost. Kada nema svetlosti foto dioda se ponaša kao i obična dioda: njena otpornost u jednom smeru je vrlo velika, a u drugom vrlo mala. Kada se dioda osvetli, obe otpornosti su vrlo male. Pri praktičnoj primeni, jednosmerni napon na anodi foto diode je manji od napona na katodi pa je dioda polarisana nepropusno i ponaša se kao otpornik vrlo velike otpornosti (ako nije osvetljena). Kada se osvetli, otpornost se veoma smanjuje, što omogućuje upotrebu ove diode u raznim alarmnim i signalnim uređajima, a zajedno sa LED diodom, i u tzv. foto kaplerima (opto sprežnicima).

Tunelska dioda (sl. 5.2f ili 5.2g) se u radu polariše propusno. Kada se jednosmerni napon polarizacije podesi na potrebnu vrednost, dioda se, za naizmeničnu struju, ponaša kao otpornik čija je otpornost negativna. To omogućuje njenu upotrebu u oscilatorima



Sl. 5.2. Simboli dioda: a - ispravljačka i VF, b - LED c,d - Zenerova, e - foto, f,g - tunelska, h - Šotkijeva, i - probojna, j - kapacitivna

koji rade na vrlo visokim učestanostima.

Šotkijeva dioda (sl.5.2h) se koristi na izuzetno visokim učestanostima i kao ispravljačka dioda za velike struje (zbog malog pada napona u provodnom smeru) na učestanostima reda 100 kHz.

Probojna (breakdown) dioda (sl.5.2i) je u suštini Zener dioda koja se koristi u različitim kolima za zaštitu i regulaciju, kroz koja treba da teče struja tek kada napon postane veći od neke zadate vrednosti (od probojnog napona diode). Po JUS-u, ovom oznakom se obeležava Zener dioda. Oznaka na slici 5.2c je po nemačkom, a oznaka na slici 5.2-d po američkom standardu. Po američkom je i oznaka na slici 5.2g.

Varikap dioda (sl. 5.2j) se koristi na visokim učestanostima umesto promenljivog kondenzatora. Ona se, pomoću jednosmernog napona, polariše da bude neprovodna (katoda je na većem naponu od anode). Pri promeni veličine ovog jednosmernog napona, menja se kapacitivnost između anode i katode, što ovoj diodi obezbeđuje primenu u radio-prijemnicima, predajnicima, oscilatorima i sl., tj. svuda gde je potreban promenljivi kondenzator sa relativno malim odnosom maksimalne i minimalne kapacitivnosti.

Katoda dioda manjih snaga obeležena je prstenom nacrtanim na valjkastom kućištu diode. Ali, treba biti oprezan, neki proizvođači prstenom označavaju anodu.

Snažne diode se obeležavaju simbolom diode utisnutim u kućište. Ako je kućište od metala, katoda je (najčešće, ne uvek) povezana sa kućištem, a anoda je provodnik koji prolazi kroz plastični čep na kućištu.

5.1. Označavanje dioda

Oznake evropskih dioda se sastoje od dva ili tri slova i broja, a iza broja može da se pojavi još jedno slovo.

Prvo slovo označava materijal od koga je dioda izrađena (A-germanijum, B-silicijum), ili, ako je to slovo Z, Zenerovu diodu. Drugo i treće ukazuju na vrstu i oblast primene diode.

Drugo slovo označava:

A - diode vrlo male snage, kao što su AA111, AA113, AA121, itd. koje se koriste u detektorima radio-prijemnika; BA124, BA125, itd. - varikap diode koje se, umesto promenljivih kondenzatora, koriste u

radio i TV prijemnicima, oscilatorima i sl; BAY80, BAY93, itd - prekidačke diode koje se koriste u uređajima sa logičkim kolima; BA157, BA158, itd. - ispravljačke diode sa malim vremenom oporavka, itd.

B - dve kapacitivne (varikap) diode u istom kućištu kao što su BB104, BB105, itd.

Y - ispravljačke diode, kao što su BY240, BY243, BY244, itd. - ispravljačke diode u plastičnom kućištu sa maksimalnom strujom od 0,8 A. Ako iza ovog Y stoji još jedno Y radi se o istoj diodi ali sa većom maksimalnom strujom. Na primer BYY44 je oznaka za diodu čija je maksimalna struja 1A. Kada je Y drugo (ili treće) slovo u oznaci za Zenerovu diodu (ZY10, ZY30, itd.), ono ukazuje da je to Zenerova dioda veće snage.

F, G, PD -Zenerove diode različitih tolerancija, kao što su ZF12 (tolerancija 5%), ZG18 (tolerancija 10%), ZPD9.1 (tolerancija 5%).

Treće slovo ukazuje na neku specifičnost diode (veću struju i sl.) u odnosu na diodu iste oznake ali bez trećeg slova.

Oznake američkih dioda počinju sa 1 N, iza čega sledi neki broj, recimo 1N4001 (ispravljačka dioda), 1N4449 (prekidačka dioda), itd.

Oznake japanskih dioda su slične američkim. Razlika je u tome što umesto slova N stoji S, recimo 1S241, itd.

Oznake ruskih dioda se sastoje od dva slova (GD - germanijumska dioda, KD - silicijumska dioda, itd.) i broja.

Kao i kod tranzistora, broj u oznakama dioda, nema neko određeno značenje, on je tu samo da bi korisnicima omogućio da diodu pronađu u katalogu i u njemu vide njene karakteristike.

5.2. Karakteristike dioda

Najvažnije karakteristike snažnih dioda koje se koriste u ispravljačima i sličnim kolima su: maksimalna struja u propusnom smeru (I_{Fmax}) i maksimalni napon koji mogu da podnesu kada su polarisane nepropusno (U_{Rmax}). Pri tome, treba imati u vidu da su podaci o naizmeničnim naponima koji se pojavljuju na električnim šemama efektivne vrednosti. Maksimalne vrednosti, koje su značajne za izbor diode, se dobijaju tako što se efektivne pomnože sa 1,41.Na primer, ako je na šemi nekog ispravljača naznačeno da je sekundarni napon mrežnog transformatora 12 V, maksimalna vrednost ovog napona je 17 V, pa dioda u usmeraču treba da ima U_{Rmax}>17 V.

Za zenerove diode, najvažnije karakteristike su zenerov napon (U_Z), struja kroz diodu (I_Z) i maksimalna snaga disipacije(P_D).

Najvažnije karakteristike kapacitivnih dioda su njihove minimalna i maksimalna kapacitivnost, kao i veličine jednosmernih napona pri kojima se ove kapacitivnosti ostvaruju.

Za LED diode najvažniji podaci su napon i struja kroz diodu, pri kojima se ostvaruje maksimalna jačina svetlosti. Napon se nalazi u opsegu od 1,6 V do nekoliko volti, a struja od nekoliko miliampera do nekoliko desetina miliampera. Pri upotrebi, na red sa ovim diodama se obavezno vezuje zaštitni otpornik, čija se optimalna vrednost lako nalazi eksperimentom.

Pored univerzalnih tranzistora TUN i TUP, o kojima je bilo reči u poglavlju 4.4, postoje i univezalne diode koje se označavaju sa DUS (univerzalna silicijumska dioda) i DUG (univerzalna germanijumska dioda). To su diode sledećih karakteristika:

	DUS	DUG
U_{Rmax}	25 V	20 V
I_{Fmax}	100 mA	35 mA
I_{Rmax}	1 μA	100 μA
P_{totmax}	250 mW	250 mW
C_{Dmax}	5 pF	10 pF

Neke od DUS-ova su: BA127, BA217, BA218, BA221, BA222, BA317, BA318, BAX13, BAY61, 1N914, 1N4148 itd.

Neke od DUG-ova su: OA85, OA91, AA116, AA112, AA121, 1N34 itd.

5.3. Primeri praktične primene dioda

Na šemi stabilisanog ispravljača (sl. 3.8) ima više dioda. Prve su četiri diode u zajedničkom kućištu sa oznakom B40C1500. To je poznati Grecov (ili mostni) usmerač, kojim se vrši dvostrano usmeravanje naizmeničnog napona od 24 V.

LED dioda služi za optičku indikaciju uključenosti ispravljača. Zapazite otpornik R1 o kome je već bilo reci, bez njega dioda bi pregorela. Promenom njegove otpornosti može da se menja jačina svetlosti diode.

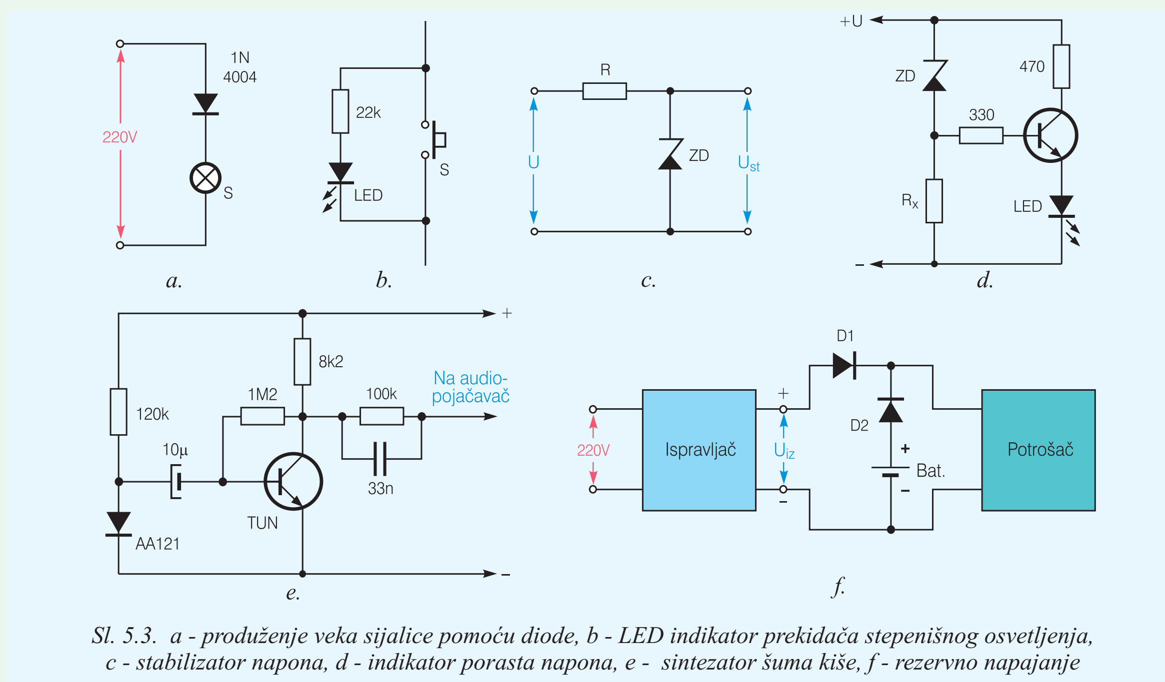
Diode sa oznakom 1N4002 štite integrisano kolo od oštećenja do koga može da dođe ako potrošač (koji se priključuje između tačaka + i −) ima u sebi i elektrolitski kondenzator velike kapacitivnosti.

Još nekoliko primera primene dioda dati su na slici 5.3. Na slici 5.3a je prikazano kako vek trajanja električne sijalice može da se veoma produži. Jednostavno, na red sa sijalicom se veže dioda, struja kroz sijalicu postaje dva puta manja i sijalica traje mnogo duže. Naravno, nešto mora i da se izgubi. Jačina svetlosti postaje manja, a svetlost postaje žuta, pa je ovo rešenje dobro samo za hodnike (naročito za zajedničke hodnike u stambenim zgradama) i slične prolazne prostorije. Dioda treba da ima inverzni napon od 400 V ili veći, i struju veću od struje sijalice S. Za sijalice snage do 200 W to mogu da budu diode 1N4004, BY244 i sl.

Na slici 5.3b je prikazano kako treba povezati LED diodu sa taster prekidačem kojim se pali stepenišno svetlo po stambenim zgradama. Dioda svetli samo za vreme kad svetlo nije uključeno i omogućuje da se u mraku lako pronađe prekidač. Otpornik i dioda se smeštaju u kućište prekidača, s tim što dioda "viri" kroz rupu na kućištu.

Na slici 5.3c je električna šema veoma jednostavnog stabilizatora jednosmernog napona, koji se koristi za relativno male struje potrošača. Nestabilan napon je obeležen sa U, a stabilisani sa U_{st}. Napon zenerove diode je jednak naponu U_{st}. Na primer, ako je potreban stabilisani napon U_{st}=9V, koristi se zenerova dioda ZPD9.1.

Na slici 5.3d je indikator koji, paljenjem LED diode, upozorava da je napon U postao veći od neke zadate vrednosti koja, iz nekog razloga, ne sme da bude prekoračena. Dok je napon U manji od radnog napona Zener diode ZD, ova se ponaša kao vrlo veliki otpor pa je jednosmerni napon na bazi tranzistora vrlo mali i tranzistor ne provodi struju. Ako napon U po-



Sl. 5.3. a - produženje veka sijalice pomoću diode, b - LED indikator prekidača stepenišnog osvetljenja, c - stabilizator napona, d - indikator porasta napona, e - sintezator šuma kiše, f - rezervno napajanje

raste na veličinu koja je jednaka radnom naponu diode, ova se otvara (njena otpornost se veoma smanji), napon na bazi se poveća i počne da teče struja baze. Usled toga teče i struja kolektora i dioda se pali. U primeru na slici 5.3d iskorišćena je dioda sa Zenerovim naponom od 6 V pa se LED dioda pali kada napon *U* raste na 6 V. Za druge vrednosti napona *U* treba koristiti diode sa odgovarajućim Zenerovim naponom. Trenutak paljenja diode, kao i jačina svetlosti, može da se podešava otpornikom R_x (nekoliko kilooma).

Indikator koji paljenjem diode ukazuje da se neki napon smanjio ispod neke zadate vrednosti, može da se napravi po šemi koja se dobija tako tako što se na slici 5.3d zamene mesta zenerove diode i otpornika Rx. Na primer, ako po toj novoj šemi, koristimo diodu za 12 V, LED će se upaliti kada se napon *U* smanji na veličinu manju od 12 V. Na taj način može da se napravi indikator istrošenosti automobilskog akumulatora.

Na slici 5.3e je prikazana jedna po malo neobična primena diode. To je električna šema sintezatora koji generiše šum vrlo sličan šumu koji stvara kiša. Jednosmerna struja koja teče kroz propusno polarisanu diodu AA121 nije apsolutno konstantne jačine, već se menja (fluktuira) oko neke srednje vrednosti (koju bi pokazao ampermetar za jednosmernu struju, vezan na red sa diodom). Ta promenljiva komponenta struje stvara šum koji se pojačava tranzistorom (bilo koji NPN tranzistor) i preko filtra (33 nF i 100 kΩ*)* vodi na audio pojačavač i reprodukuje preko zvučnika.

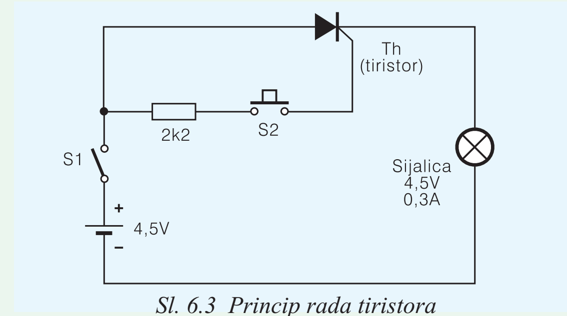
Autoru ovih redova se desilo da je jednog dana mnogo zakasnio na posao, što je, inače, izazvalo oduševljenje među njegovim učenicima, koji su izgubili prva tri časa, jer je tokom noći došlo do nestanka struje pa se njegov električni sat koji se napajao iz električne mreže, razdesio. U takvim i sličnim situacijama, kada uređaj koji se napaja iz ispravljača ne sme da ostane bez napajanja kada dođe do nestanka struje, koristi se rezervno napajanje iz akumulatora. Na slici 5.3f stabilisanom ispravljaču su dodate dve ispravljačke diode, koje mogu da izdrže potrebnu struju potrošača i baterija (ili akumulator) Bat. Napon U_{iz} treba da je malo veći od napona akumulatora. U tom slučaju dioda D2 je polarisana nepropusno i ponaša se kao vrlo veliki otpor, tako da akumulator ne daje nikakvu struju. Kada nestane mrežnog napona od 220 V, U_{iz} postaje jednak nuli, dioda D2 postaje provodna i baterija (akumulator) nastavlja da napaja potrošač.

Dioda D1 sprečava da se akumulator prazni preko ispravljača, kao i da ne dođe do oštećenja ispravljača. Za struju potrošača do 1 A, mogu da se koriste diode 1N4001, a do 3A - diode 1N5400.

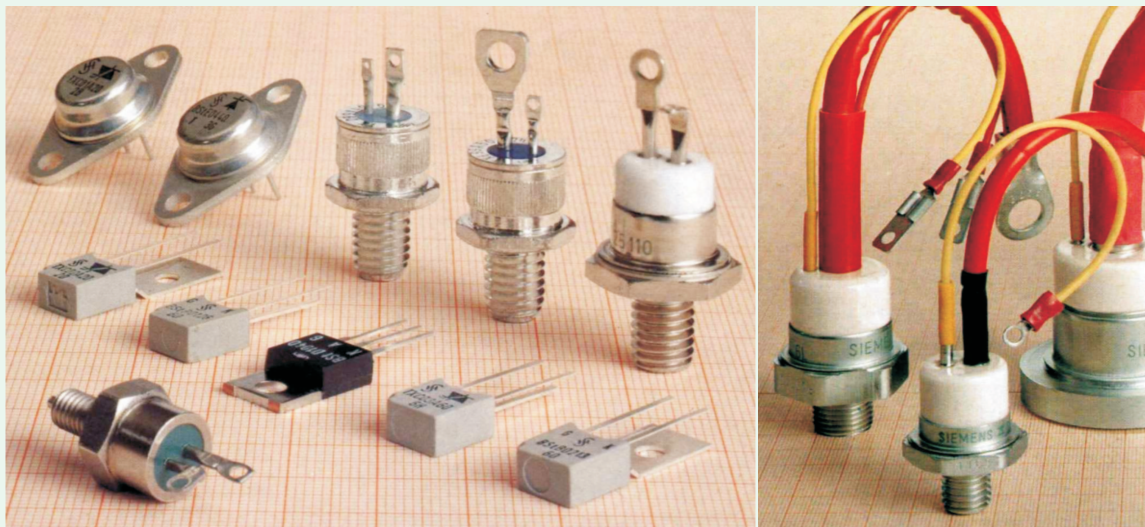
6. TIRISTORI, TRIJACI, DIJACI

Nekoliko tiristora je prikazano na slici 6.1. Tako isto izgledaju i trijaci, dok dijaci izgledaju kao ispravljačke diode male snage. Simboli kojima se tiristori, trijaci i dijaci predstavljaju na električnim šemama, zajedno sa rasporedom nožica nekih od ovih komponenata, prikazani su na slici 6.2.

Za tiristor bi moglo da se kaže da je to usavršena snažna dioda. On, pored anode (A) i katode (K), ima još jednu elektrodu koja se naziva kapija ili gejt (G), kao što je prikazano na slici 6.2a. I tiristor, kao dioda, provodi struju kada je anoda pozitivna u odnosu na katodu, ali samo ako je i napon na gejtu pozitivan i dovoljno veliki. Kada tiristor počne da provodi struju (od anode ka katodi), napon na gejtu više nema uticaja na tiristor, tiristor može da se zakoči samo prekidanjem u kolu anode. Na primer, ako se u kolu na slici 6.3 zatvori prekidač S1, tiristor neće provoditi struju i sijalica neće svetleti. Struja će poteći ako se, makar i vrlo kratkotrajno, zatvori i prekidač S2. Posle toga, prekidač S2 može da se otvori, sijalica će i dalje da svetli. Ona može da se ugasi samo otvaranjem prekidača S1.



Sl. 6.3 Princip rada tiristora



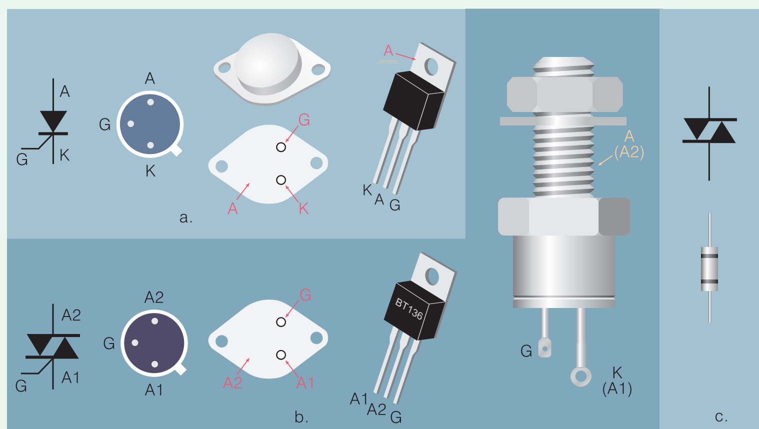
Sl. 6.1. Tiristori i trijaci

Tiristori se na električnim šemama, ponekad, označavaju sa SCR, što je akronim engleskog izraza Silicon Controlled Rectifier (silicijumski kontrolisani ispravljač).

Trijak je vrlo sličan tiristoru s tom razlikom što može da provodi struju u oba smera. I on ima tri elektrode (slika 6.2b) koje se nazivaju anoda 1 (A1), anoda 2 (A2) i gejt (G). Trijak se koristi za regulaciju u kolima naizmenične struje. Pomoću njega može da se reguliše brzina obrtanja ručne električne bušilice sa kolektorskim motorom, jačina svetlosti sijalica, itd, o čemu će biti reci u kasnijim brojevima "Praktične elektronike".

Tiristori i trijaci se obeležavaju slovima i brojevima, recimo KT430, ali se često na električnim šemama uređaja, pored njih jednostavno napišu vrednosti napona i struje koje tiristor ili trijak moraju da imaju. U tom slučaju može da se koristi bilo koji tiristor ili trijak koji zadovoljavaju naznačene vrednosti.

Tiristori i trijaci manjih snaga se pakuju u slična kućišta kao i tranzistori. Međutim, za veće snage, kućišta su sasvim drugačija, kao što se vidi u gornjem i desnom delu slike 6.1. Raspored nožica nekih tiristora i trijaka prikazan je na slici 6.2b.



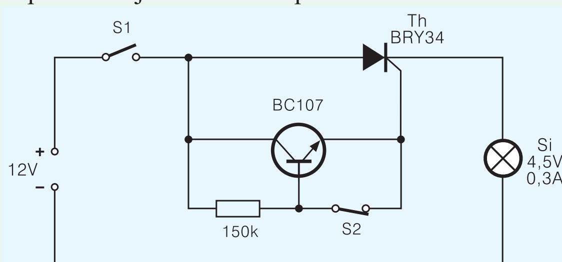
Sl. 6.2 Simboli i raspored nožica: a - tiristora, b - trijaka, c - dijaka

Dijaci (sl. 6.2c) su tzv. dvosmerne diode, a najčešće se koriste zajedno sa tiristorima i trijacima. Njihova osnovna karakteristika je da im je otpornost u oba smera vrlo velika sve dok napon između njihovih krajeva ne postane veći od neke vrednosti koja zavisi od vrste dijaka. Taj probojni napon je najčešće 30 V. Znači, dok je napon između elektroda manji od 30 V, dijak se ponaša kao običan otpornik vrlo velike otpornosti, a za napone veće od 30 V kao otpornik vrlo male otpornosti. Po obliku, dijak se ne razlikuje od obične ispravljačke diode male snage.

6.1. Primeri praktične primene tiristora, trijaka i dijaka

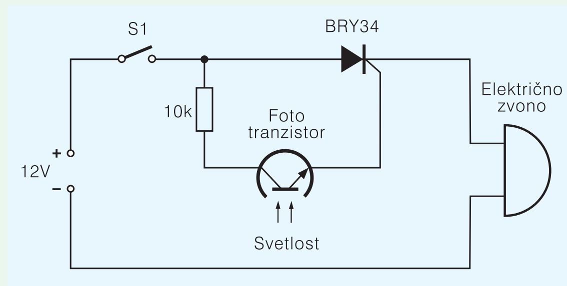
Na slici 6. je prikazana električna šema jednostavnog alarmnog uređaja sa tiristorom. S1 je glavni prekidač pomoću koga se uređaj uključuje i isključuje. S2 je prekidač koji treba da se otvori kada nastupi alarmna situacija. Dok je ovaj prekidač zatvoren, baza i emiter su kratko spojeni (pa je $U_{BE}=0$) i tranzistor je zakočen (ne provodi struju). Usled toga nema ni struje gejta tiristora, pa je i on zakočen. Kada se S2 otvori, makar i za vrlo kratko vreme, tranzistor postane provodan (smanji se otpornost između kolektora i emitera). Preko njega, na gejt tiristora dolazi pozitivan napon, koji okine tiristor i učini ga provodnim. Struja tiristora protiče kroz sijalicu i ova svetli. Zatvaranje S2 više ne može da zakoči tiristor, to može da se ostvari samo otvaranjem glavnog prekidača $S1_1$.

Umesto S_2, može da se stavi bilo kakav pretvarač koji u normalnim uslovima ima malu otpornost, tako da tiristor ostaje zakočen. Kada nastupi neka određena alarmantna situacija, njegova otpornost treba da se poveća i sijalica će da se upali.



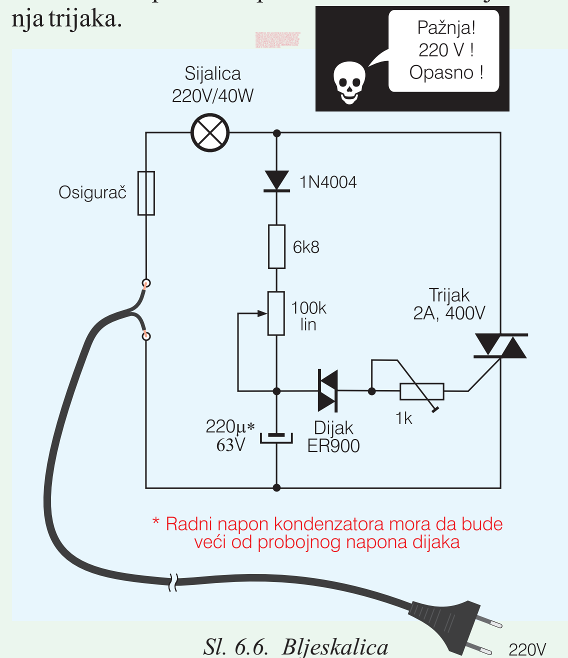
Sl. 6.4 Alarmni uređaj sa tiristorom i tranzistorom

Na slici 6.5 je alarmni uređaj koji upozorava da je u nekoj prostoriji, u kojoj to inače ne bi smelo da se desi, upaljeno svetlo. Dok svetla nema, fototranzistor ne provodi struju pa je tiristor zakočen. Kada se pojavi svetlo, tranzistor provede i okine tiristor, tako da ovaj pređe u provodno stanje i električno zvono počne da zvoni. Gašenje svetla ne može da prekine zvonjenje, to je moguće samo otvaranjem prekidača S1.



Sl. 6.5. Alarmni uređaj sa tiristorom i foto-tranzistorom

Primer praktične primene dijaka i trijaka je prikazan na slici 6.6. To je elektronsko kolo pomoću koga se ostvaruje da se sijalica (220 V, 40 W) pali i gasi nekoliko puta u sekundi. Mrežni napon se ispravlja pomoću diode 1N4004. Usmerenom strujom se puni kondenzator od 220 µF, i napon na njemu raste. Kada ovaj napon dostigne vrednost probojnog napona dijaka (30 V), ovaj se otvara i kondenzator se isprazni preko dijaka i gejta trijaka. Ovaj strujni impuls okida trijak i sijalica sevne. Posle izvesnog vremena, koje se podešava pomoću potenciometra od 100 kΩ, kondenzator se ponovo napuni pa sijalica ponovo sevne, itd. Trimerom se podešava potrebna veličina struje okidanja trijaka.

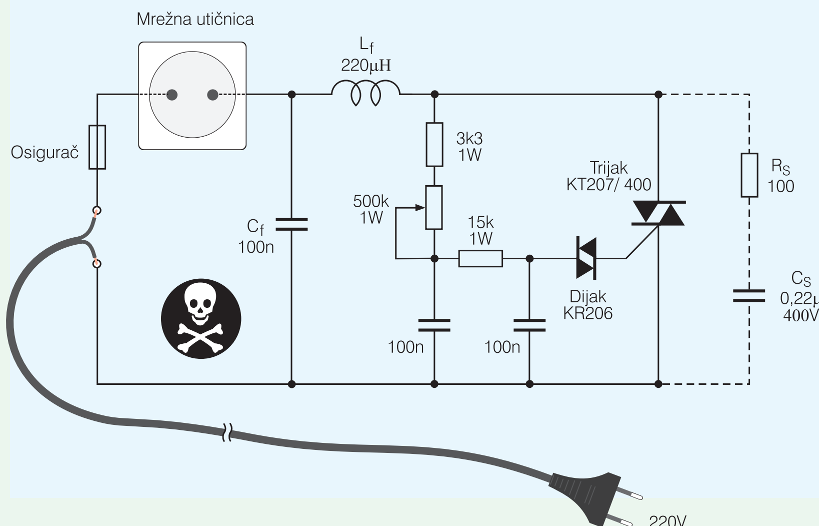


Sl. 6.6. Bljeskalica

Na slici 6.7 je šema regulatora jačine svetlosti sijalice ili broja obrtaja kolektorskih električnih motora koji se koriste u bušilicama, fenovima za kosu, kuhinjskim mikserima i sl. Bilo koji od ovih potrošača priključuje se preko mrežne utičnice ugrađene u kutiju u koju su smeštene sve komponente. Uređaj radi na isti način kao i uređaj na slici 6.6

Kalem L_f i kondenzator C_f obrazuju električni filter koji sprečava da se vrlo snažne električne smetnje koje stvara trijak prenesu u električnu mrežu i ometaju normalan rad radio i TV prijemnika i sličnih aparata.

Otpornik R_s i kondenzator C_s nisu potrebni ako se regulator koristi samo za regulaciju jačine svetlosti sijalice.



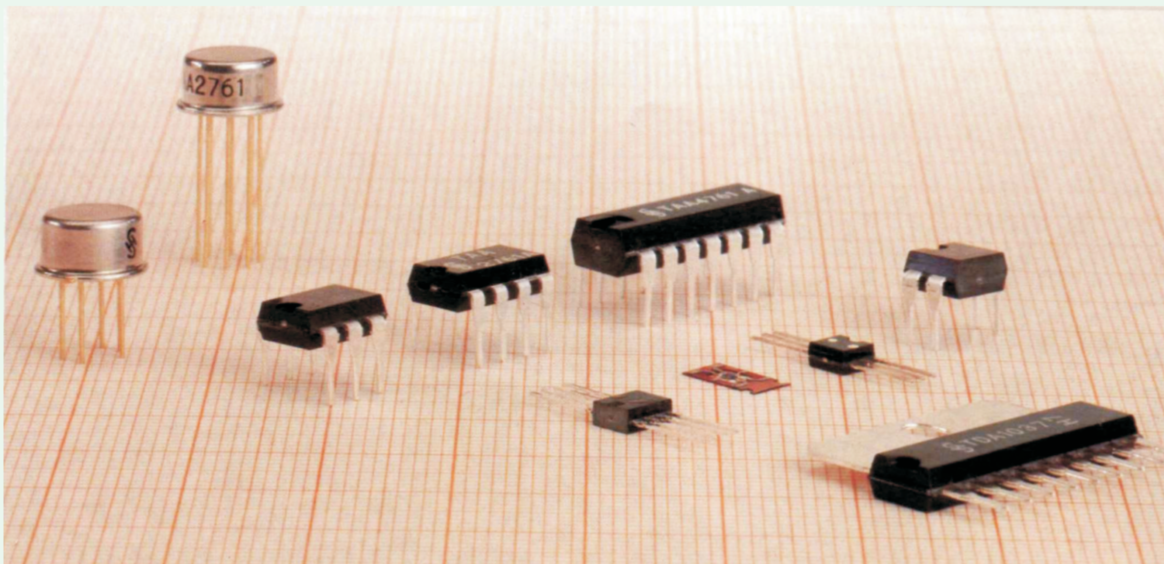
Sl. 6.7. Regulator jačine svetlosti sijalice, broja obrtaja motora bušilice i sl.

7. INTEGRISANA KOLA

Integrisana kola su izuzetno značajne komponente elektronskih uređaja, koje se masovno koriste i u amaterskim ostvarenjima. Ona se sastoje od više desetina, stotina, hiljada pa i desetina hiljada tranzistora, dioda i otpornika, istovremeno proizvedenih i međusobno povezanih tako da obrazuju razna elektronska kola kao što su audio-pojačavači, stabilizatori napona, razna logička kola, pojedini sklopovi radio i TV-prijemnika, kompletni radio-prijemnici i radio-predajnici, itd. Fotografija nekoliko integrisanih kola je prikazana na slici 7.1.

Prema načinu izrade, integrisana kola se dele u dve grupe: hibridna i monolitna. Prva su se pojavila hibridna kola. Kada se otvori neki tranzistor u metalnom kućištu, lako se zapaža da je zapremina kristalne pločice na kojoj je napravljen tranzistor stotinama puta manja od zapremine samog kućišta. Znači ako se izostavi kućište, više desetina tranzistora je moguće smestiti na sasvim malu pločicu od izolacionog materijala. Pri tome, koriste se lepkovi koji provode električnu struju. Otpornici se jednostavno nacrtaju otpornim pastama i pločica smesti u plastično kućište iz koga izlazi više nožica. Na taj način su nekada pravljeni poznati integrisani audio-pojačavači snage iz serije sa oznakom STK.

Danas, hibridnih kola nema više u masovnoj upotrebi. Potisnula su ih monolitna integrisana kola. Sve komponente monolitnog kola (tranzistori, diode tranzistori itd.) su napravljene u jednoj sićušnoj pločici od silicijuma koja se smešta u plastično, keramičko ili, ređe, metalno kućište, iz koga izlazi veći broj metalnih nožica (pinova, priključaka) preko kojih se pri-



Sl. 7.1. Integrisana kola

ključuju napajanje, signal koji se obrađuje, potrošač, spoljne komponente koje ne mogu da se integrišu (kondenzatori, kalemovi, releji i sl.), itd.

Rasporedi nožica nekih popularnijih kućišta integrisanih kola, dati su na slici 7.2.

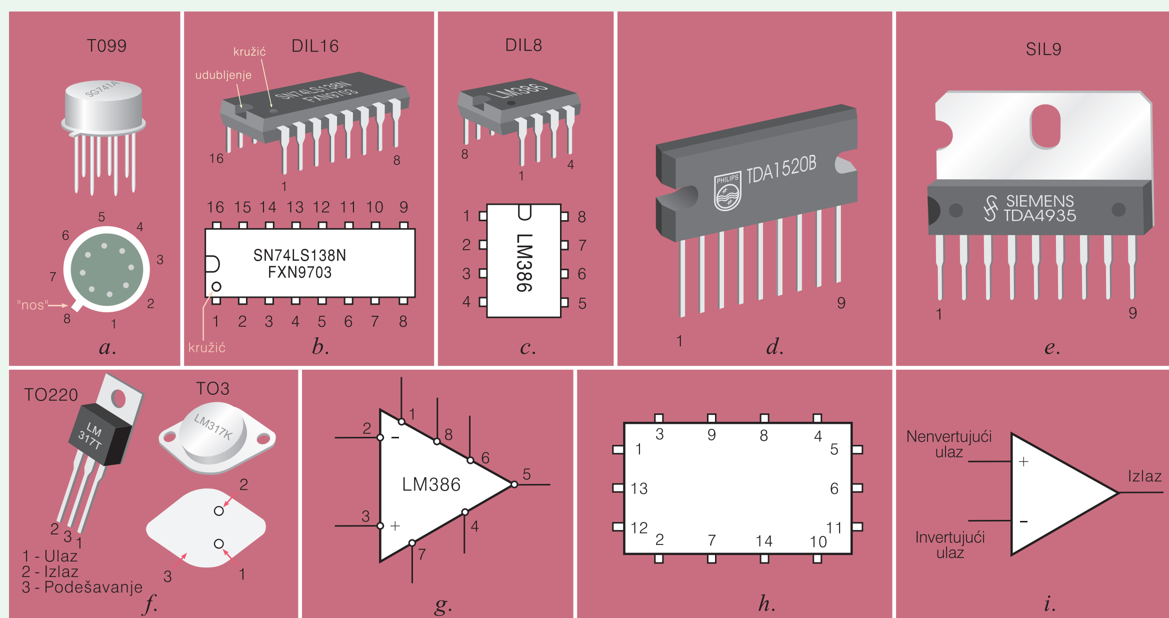
Kod integrisanih kola smeštenih u okrugla metalna kućišta, jedno od njih je kućište TO-99 na slici 7.2a, raspored nožica je, kao i kod tranzistora, prikazan tako što se kolo gleda odozdo, tako da su vrhovi nožica okrenuti ka posmatraču. Orijentir je mali ispust ("nos") na donjem delu kućišta.

Kod integrisanih kola u plastičnom kućištu u obliku kovčega, DIL16 i DIL8 na slikama 7.2a i 7.2b, nožice se numerišu tako što se kolo posmatra odozgo, a za orijentaciju služi ili kružić ili udubljenje koji su utisnuti na gornjoj strani.

Integrisana kola velikih snaga koja se tokom rada mnogo zagrevaju, smeštaju se u kućišta većih dimenzija sa mogućnošću priključenja hladnjaka. Kao primeri takvih kola, na slikama 7.2d i 7.2e su dva audio-pojačavača velikih snaga u kućištima sa oznakom SIL9, a na slici 7.2f popularni stabilizator jednosmernih napona LM713 u kućištima TO220 i TO3.

Simboli kojima se integrisana kola predstavljaju na električnim šemama su dati na slikama 7.2g, 7.2h i 7.2i. Simbolom na slici 7.2g se najčešće obeležavaju integrisani pojačavači, a simbolom sa slike 7.2h integrisana logička kola i kola iz oblasti impulsne elektronike. Na slici 7.2i je simbol za operacioni pojačavač. Sa + i – su obeleženi neinvertujući i invertujući ulazni priključak. Signal koji se pojačava se dovodi između jednog od ulaznih priključaka i mase koja nije prikazana, ali se podrazumeva. Nisu nacrtani ni priključci za pozitivan i negativan pol izvora za napajanje, i oni se podrazumevaju.

Integrisana kola mogu da se podele u dve grupe: linearna (analogna) i digitalna (cifarska). Kod linearnih kola, izlazni napon je kontinualan (neprekidan) i prati promene ulaznog signala. Tipičan predstavnik linearnih kola je integrisani audio-pojačavač. Kada se na njegov ulaz priključi neki izvor NF signala, recimo mikrofon, napon na zvučniku će se menjati na isti način kao što se menja napon iz mikrofona. Ako se posmatraju na osciloskopu, ova dva napona su istog oblika, samo što je napon na zvučniku veći od napona iz mikrofona, onoliko puta koliko je pojačanje pojačavača. Kod digitalnih kola situacija je bitno drugačija. Njihov izlazni napon, kao i naponi u svim ostalim tačkama u kolu, nije kontinualan. On može da ima samo jednu od dve vrednosti: da bude jednak nuli (da ga, jednostavno, nema) ili da bude jednak jednosmernom naponu baterije iz koje se to kolo napaja energijom.



Sl. 7.2. Raspored nožica i simboli nekih integrisanih kola

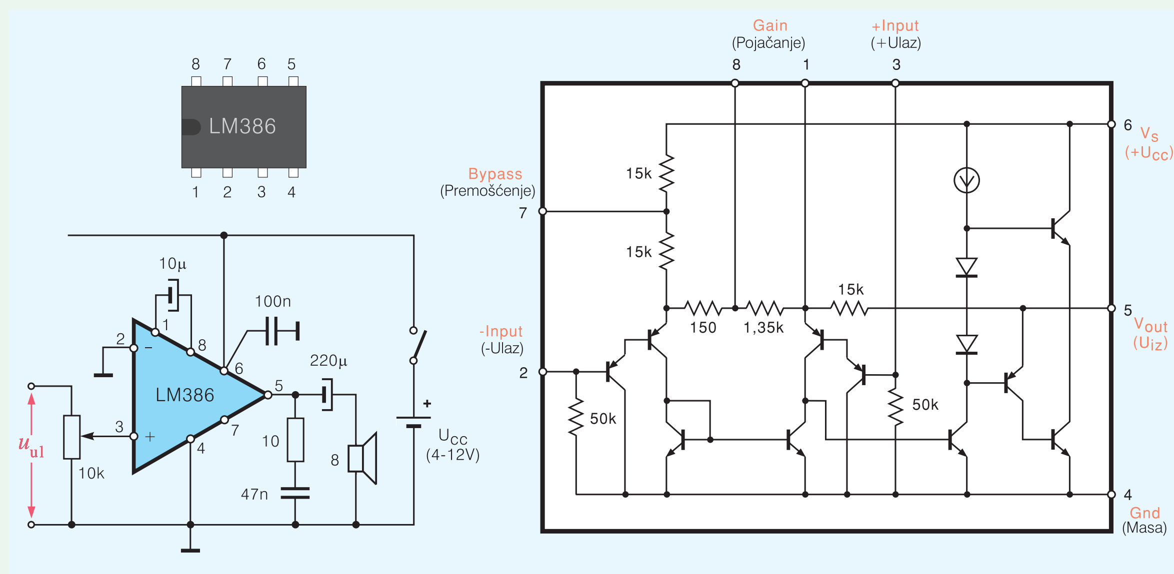
7.1. Analogna integrisana kola

Kao primer linearnog integrisanog kola, pogledaćemo kolo LM386 u kome su integrisane (spojene u celinu) sve komponente jednog kompletnog audio-pojačavača. Na slici 7.3a je prikazana električna šema pojačavača sa ovim kolom koja može da se koristi kao kompletan NF pojačavač nekog vokmena, prenosnog radio-prijemnika, kasetofona, interfona i sličnih uređaja, ili da se koristi u različitim proverama, ispitivanjima i sličnim stvarima, o čemu će biti više reči u sledećim "Praktičnim ELEKTRONIKAMA".

Električna šema kola LM386 je prikazana na slici 7.3b. To je pojednostavljena šema, ali, kao što se vidi, kada bi NF pojačavač sličnih karakteristika pravili u diskretnoj tehnici (od posebnih komponenata) bilo bi nam potrebno deset tranzistora, dve diode i osam otpornika (jedan je umesto tzv. strujnog izvora, koji je na slici prikazan kao strelica u krugu), a tako realizovan pojačavač bi bio mnogo skuplji, većih dimenzija i slabijih karakteristika od pojačavača sa slike 7.3a.

Signal koji se pojačava dovodi se na neinvertujući ulaz (između nožice 3 i mase) pojačavača. Invertujući ulaz (nožica 2) je povezan sa masom. Sa kondenzatorom od 10 μF između nožica 1 i 8 (plus na nožici 1), naponsko pojačanje je A=200. Ako se kondenzator izostavi, pojačanje je A=20. Bilo koja veličina pojačanja između navedenih vrednosti može da se ostvari ako se na red sa kondenzatorom doda otpornik.

Vrlo je važno zapaziti kondenzator kapacitivnosti 100 nF, između nožice 6 (koja je spojena sa pozitivnim krajem baterije za napajanje) i mase. To treba da je keramički kondenzator i, pri praktičnoj realizaciji pojačavača, treba ga montirati što je moguće bliže integrisanom kolu, tako da je veza između jedne njegove nožice i nožice 6 kola što kraća. Inače, ovaj kondenzator se koristi kod svih integrisanih kola, čak i u slučajevima kad nije nacrtan na električnoj šemi. Jednostavno, podrazumeva se da se on koristi. Bez njega, rad kola je nestabilan, a često i nemoguć.



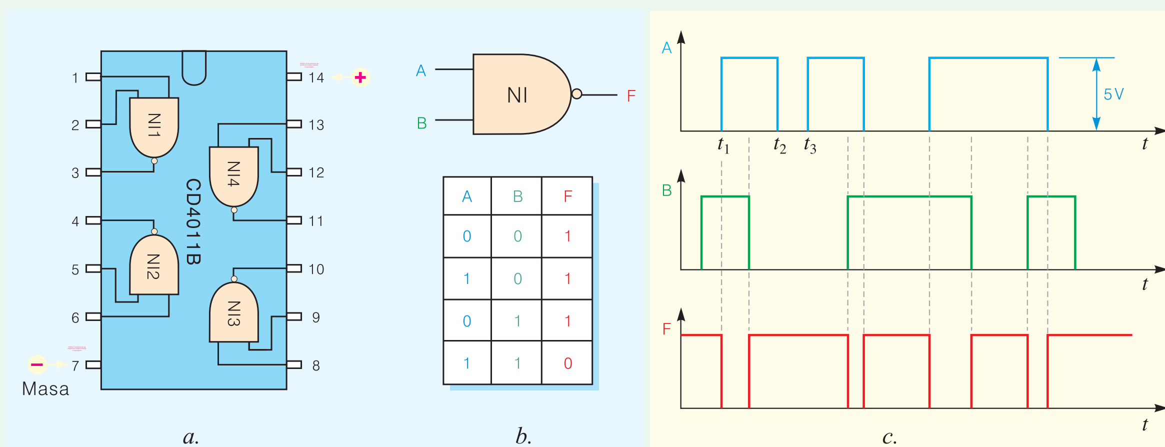
Sl. 7.3. a - NF pojačavač sa kolom LM386, b - električna šema kola LM386

7.2. Digitalna integrisana kola

Osnovne karakteristike digitalnih integrisanih kola ćemo upoznati na primeru kola CD4011. To je integrisano kolo u plastičnom DIL pakovanju sa četrnaest nožica, čiji je raspored prikazan na slici 7.4a. To je pogled na kolo odozgo. Zapazite malo udubljenje (ili kružić) u gornjem delu kola. To je, već pominjani, identifikator: levo od njega je nožica 1, a desno nožica 14. Ma kako da koristite ovo kolo, između nožica 14 i 7 mora da se priključi izvor za napajanje energijom (baterija ili ispravljač). Negativan kraj baterije se spaja sa nožicom 7. To je masa u odnosu na koju se mere svi naponi ili se sa njom spajaju ulazi kola koje se ne koristi. (Na primer, ako se na slici 7.4a logičko kolo čiji su ulazi na nožicama 1 i 2 ne koristi, ove nožice se spajaju sa nožicom 7, tj. sa negativnim krajem baterije). Pozitivan kraj baterije se spaja sa nožicom 14.

U kolu CD4011 nalazi se četiri logička NI kola. Svako od njih ima po dva ulaza i jedan izlaz. Na primer, ulazi jednog od njih su na nožicama 1 i 2, a njegov izlaz je na nožici 3. Izdvojeno, jedno od NI kola je prikazano u gornjem delu slike 7.4b. Njegovi ulazi su obeleženi slovima A i B, a izlaz slovom F. Radi lakšeg praćenja priče koja sledi, pretpostavimo da kolo na slici 7.4b predstavlja kolo iz levog gornjeg ugla slike 7.4a, i da se napajanje vrši iz ispravljača čiji je izlazni napon 5 V. Kada se kaže da je na ulazu A napon od 5 V, to znači da je toliki napon između nožice 1 i mase. To isto važi i za izlazni napon, ako je on jednak 5 V, to znači da je toliki napon između nožice 3 i mase. Na isti način, treba razumeti i kada se kaže da je neki od ova dva napona jednak nuli. Tada je napon između pomenute nožice i mase jednak nuli, tj. između te nožice i mase je kratak spoj.

U donjem delu slike 7.4b je prikazana tzv. tabela istinitosti za NI kolo. Ona pokazuje koliki je izlazni napon (napon između nožice F i mase) pri odgovarajućim naponima na nožicama A i B (između njih i mase). Kada je neki od napona jednak nuli, kaže se da je na toj nožici logička nula (0) a kada je napon 5 V, kaže se da je na toj nožici logička jedinica (1). (Ako se integrisano kolo napaja nekim drugim naponom, tada logičkoj jedinici odgovara taj napon. Na primer, ako se kolo napaja iz baterije napona 4,5 V, logička jedinica je 4,5 V, ako se napaja iz akumulatora od 12 V, logička jedinica je 12 V, itd.) Na osnovu do sada rečenog, drugi



A	B	F
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Sl. 7.4. a - raspored nožica kola 4011, b - simbol i tabela istinitosti kola 4011, - naponi na ulazima i izlazu kola 4011

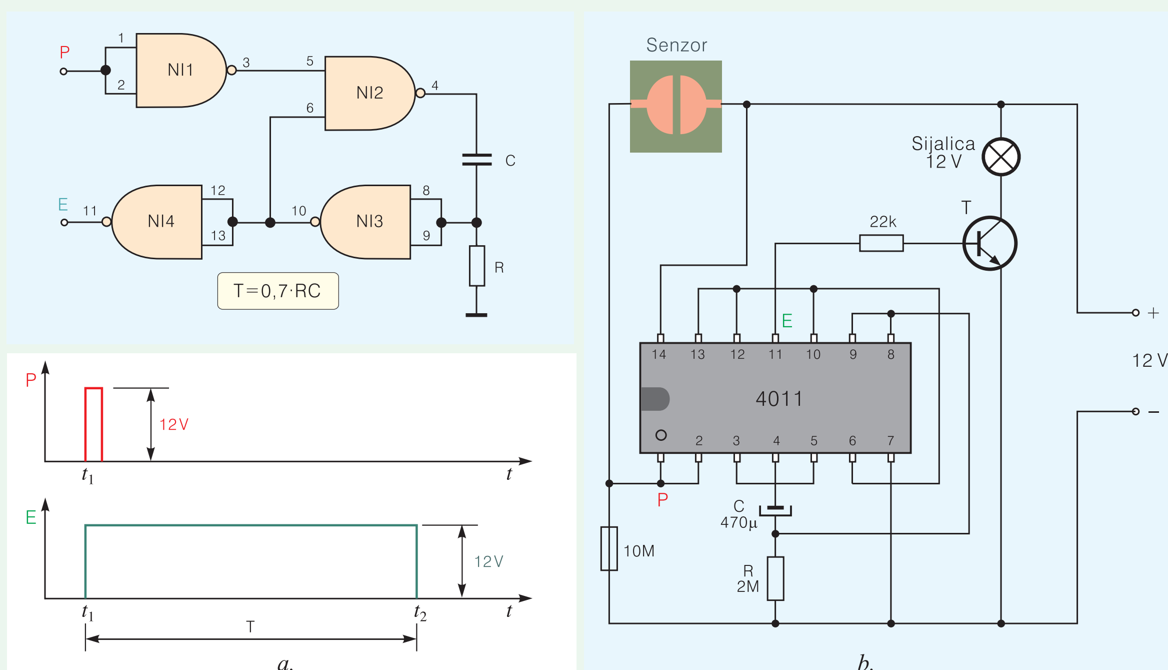
red u tabeli treba čitati ovako: ako je na oba ulaza logička nula, na izlazu je logička jedinica. Prema trećem redu, na izlazu je logička jedinica ako je na ulazu A logička jedinica, a na ulazu B nula, a prema četvrtom ako je na ulazu A nula, a na B jedinica. I, prema četvrtom redu tabele, na izlazu je nula ako su na oba ulaza jedinice. Kao što se vidi, na izlazu je logička nula samo kada su na oba ulaza jedinice, u svim drugim slučajevima na izlazu je jedinica.

Najpoznatija, ne i jedina, oblast u kojoj se koriste logička kola su kompjuteri. Na slici 7.4c je prikazano šta se u jednom malom vremenskom intervalu dešava na ulazu i izlazu jednog NI kola u nekom kompjuteru. Napon ispravljača iz koga se ovo kolo napaja je 5 V. Na ulazu A (gornji dijagram) do trenutka t_1 je logička nula (nema napona). Za vreme od t_1 do t_2 je logička jedinica (napon je 5 V). Zatim, u intervalu od t_2 do t_3, na nožici je nula, posle toga jedinica, itd. Slični naponski impulsi (logičke jedinice) se pojavljuju i na ulazu B (srednji dijagram), ali u različitim trenucima. Oblik napona na izlazu F prikazan je na donjem dijagramu: u vremenskim intervalima kada je na bilo kom ulazu logička nula, izlaz je logička jedinica. U vremenskim intervalima kada je na oba ulaza logička jedinica, na izlazu je logička nula.

Autor ovih redova pretpostavlja da čitaoci koji se prvi put sreću sa logičkim kolima, ako su pažljivo čitali prethodne redove, osećaju blagu glavobolju, pitajući se čemu, uopšte, služe ova kola. Šta sa njima može da se napravi, pogotovu u amaterskim uslovima? Odgovor je jednostavan: može da se naparavi ogroman broj interesantnih i korisnih uređaja, sve zavisi od vaše mašte i upornosti. Evo jednog primera. Napravićemo uređaj pomoću koga ćemo moći da blagim dodirom prsta uključimo bilo koji električni uređaj koji će, posle određenog vremena, da se sam isključi. U našem primeru, uključićemo običnu sijalicu od 12 V, ali ako umesto sijalice u kolo ubacite rele sa slike 10.3, možete da, po izlasku iz kupatila, uključite ventilator, svetlo u hodniku ili nešto treće. A to će se, kad prođe potrebno vreme T, samo isključiti.

Pomoću četiri kola sa slike 7.4a, povezanih po šemi sa slike 7.5a, napravljen je tzv. monostabilni multivibrator (monostabilni flip-flop). Zapazite da na slici nije prikazana baterija i da nema nožica 7 i 14. To je urađeno samo zato da bi slika bila preglednija. Bez baterije (ili ispravljača), kolo ne može da radi. Podrazumeva se da ona postoji (u ovom kolu ona je 12 V) i da je priključena između nožica 7 i 14.

Pogledajmo kako ovo kolo radi. Oba ulaza kola NI1 su spojena, pa kad se na ulazu obeleženom sa P pojavi logička jedinica na izlazu iz NI1 (nožica 3) je, prema tabeli sa slike 7.4-b, logička nula. Ova logička nula se pojavljuje na ulazu 5 kola NI2. Bez obzira šta je na ulazu 6, na izlazu 4 je logička jedinica. Znači, na izlazu 4, između te nožice i mase, pojavljuje se jednosmerni napon od 12 V. Pod dejstvom tog napona, teče struja kroz kondenzator C i otpornik R i kondenzator



Sl. 7.5. a - monostabilni multivibrator sa četiri NI kola, b - senzorski prekidač sa kolom 4011

počinje da se puni. Svaki prazan kondenzator se ponaša kao kratak spoj. Zbog toga, u trenutku kada se na nožici 4 pojavi napon od 12 V, taj napon je i na otporniku R. To je napon između njegovog gornjeg kraja i mase, a to znači i na spojenim nožicama 8 i 9. Pod dejstvom ovog napona, na nožici 10 se dobija logička nula, koja se vodi na nožicu 6. Od sada pa na dalje, logička nula na nožici 5 nije više potrebna, jer je, prema tabeli, dovoljno da na bilo kom ulazu kola NI2 bude nula pa da na njegovom izlazu bude jedinica. To znači da logička jedinica na ulazu P nije više potrebna, kola NI2 i NI3 sama održavaju logičku jedinicu na izlazu 4. Dokle će to stanje da traje? To zavisi od kapacitivnosti kondenzatora *C* i otpornosti otpornika *R*. Kako se kondenzator puni, napon na njemu postaje sve veći pa se struja punjenja (koja ide kroz *C* i *R*) smanjuje i napon na otporniku postaje sve manji. Kada se ovaj napon smanji na polovinu napona napajanja (na 6 V u našem primeru), kolo NI3 se ponaša kao da je na njegovim ulazima logička nula i na nožici 10 se pojavi logička jedinica. Pošto je sada logička jedinica i na ulazu 5 (jer nema više jedinice na ulazu P) i na ulazu 6, na izlazu 4 se javlja logička nula, kondenzator se isprazni i kolo se vraća u prvobitno stanje. Kao što se vidi, jedno određeno vreme, koje je jednako $T=0{,}7\cdot RC$, na nožici 10 imali smo logičku nulu. Za to isto vreme, na izlazu E (nožica 11) je logička jedinica, tj. između nožice 11 i mase je napon od 12 V. Na primer, ako je R = 2 MΩ i C= 47 μF, za vreme $T=2\cdot10^{6}\cdot47\cdot10^{-6}=94$ sec, od trenutka prestanka delovanja impulsa na ulazu P, na uzlazu E je napon od 12 V.

Krajnji rezultat do koga smo došli, prikazan je na dijagramima na slici 7.5a. Vrlo kratak pozitivan impuls koji se u trenutku t_1 pojavio na ulazu P proizveo je da se na izlazu E pojavio impuls čije je vreme trajanja T mnogo duže i može da se podesi na potrebnu vrednost.

Kolo kojim se pomoću četiri NI kola povezanih prema slici 7.5a ostvaruje paljenje sijalice prikazano je na slici 7.5b. Senzor se pravi tako što se na pločicu od izolacionog materijala zalepe dve mesingane pločice na malom međusobnom rastojanju. Kada se vrhom prsta dodirnu obe pločice, 12 V (logička jedinica) se pojavljuju na ulazu P. Na izlazu E se pojavljuje 12 V, kroz otpornik od 22 kΩ teče struja baze, tranzistor provodi struju i sijalica svetli. Kada se prst skloni sa senzora, posle 94 sekunde na izlazu E se pojavljuje logička nula i sijalica se gasi.

Tranzistor T se odabira tako da mu maksimalna dozvoljena kolektorska struja bude veća od struje sijalice.

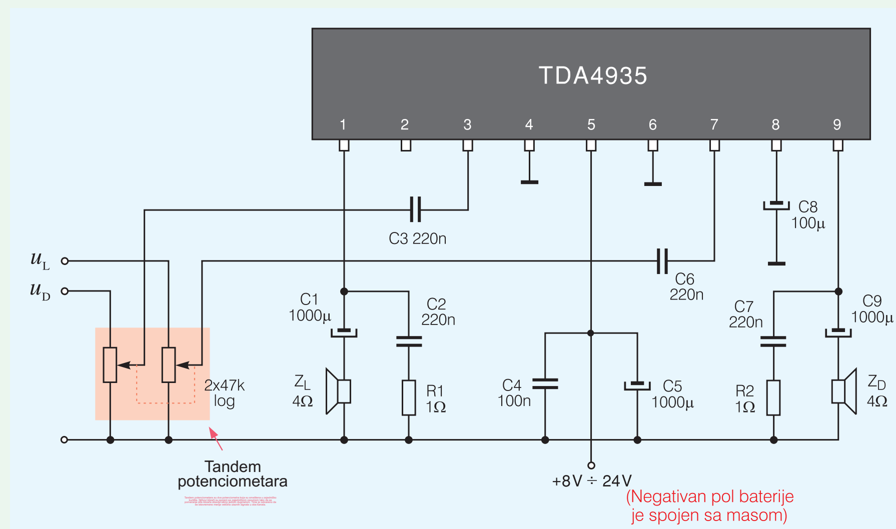
(Struja sijalica se izračunava deljenjem njene snage i napona. Na primer, ako je snaga sijalice jednaka P=6 W, a napon je U=12 V, struja kroz sijalicu je $I=P/U$=6W/12V=0,5 A, pa maksimalna kolektorska struja tranzistora treba da je 0,5 A, ili veća.)

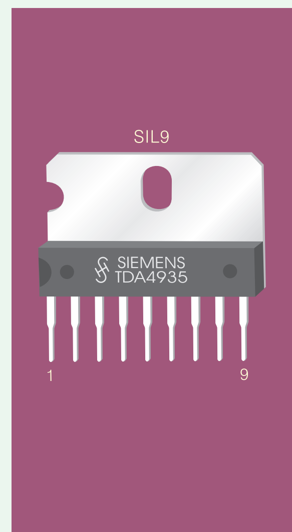
7.3. Primeri praktične primene integrisanih kola

Zanimljivi i korisni primeri praktične primene integrisanih kola, koji bi pružili pravu sliku o ogromnim mogućnostima ovih kola, naročito digitalnih, zauzeli bi prostor mnogo veći od prostora koji zauzima ova knjiga. Zato će ovde biti data samo još tri kola, a o mnogim drugim biće reči u sledećim brojevima.

Na slici 7.6 je električna šema stereofonskog audio pojačavača sa kolom TDA4935. To je savremeno integrisano kolo u kome se nalaze dva nezavisna spregu, čime se ostvaruje monofonski pojačavač izlazne snage od 30 W. Tu šemu veza, kao i detaljna objašnjenja o karakteristikama (koje su sjajne) i praktičnoj realizaciji pojačavača sa kolom TDA4935, moći ćete da nađete u "*Praktičnoj* ELEKTRONICI" posvećenoj audio-pojačavačima.

Na slici 7.7 je električna šema audio pojačavača za opštu upotrebu sa kolom LM386, kome je dodat jednostavan pretpojačavač sa tranzistorom BC107.

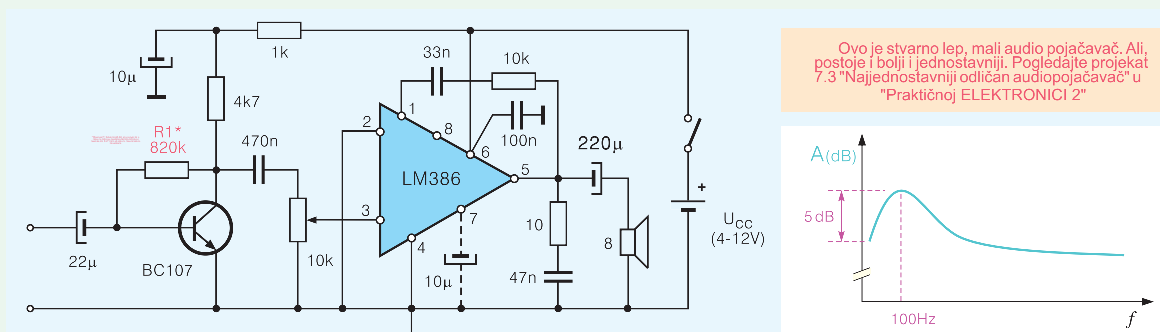




Sl. 7.6. Stereofonski audio-pojačavač sa kolom TDA4935

NF pojačavača koji se sastoje od pretpojačavača, pogonskog stepena i izlaznog stepena. Sa u_L i u_D su obeleženi levi i desni NF signal, koji se dovode na dva ulaza pojačavača. Pored pojačavačkih kola, u čip su ugrađena i kola za zaštitu od preopterećenja i od pregrevanja. Maksimalna izlazna snaga svakog od ovih pojačavača je 15 W, pa oni mogu da se koriste u stereofonskim uređajima izlazne snage do 2 x 15 W. Postoji mogućnost da se ovi pojačavači povezu u tzv. mostnu

Kondenzatorom i otpornikom vezanim između nožica 1 i 5 ostvareno je povećanje pojačanja u oblasti niskih učestanosti (oko 100 Hz), čime se poboljšava reprodukcija tonova niskih učestanosti, što je vrlo značajno u slučaju kada se koristi zvučnik malih dimenzija.
Kondenzator između nožice 7 i mase se dodaje po potrebi (ako pojačavač ne radi dobro). Ako predpojačavač ne radi dobro, treba promeniti otpornost otpornika sa zvezdicom. Ovim pojačavačem mogu da se



Sl. 7.7. Kompletan audio-pojačavač sa kolom LM386

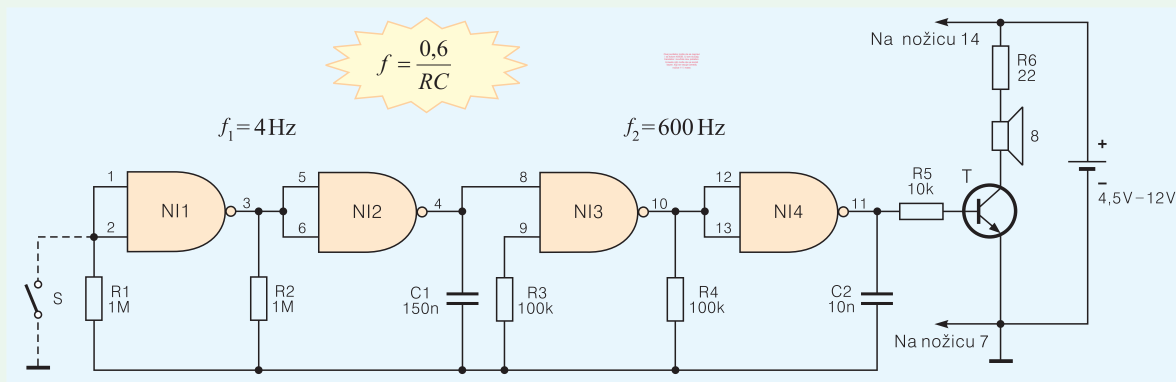
pojačavaju NF signali iz bilo kog izvora (gramofon, mikrofon, CD plejer, kompjuter, neki pretvarač itd.), a možete i da ga na šemi sa slike 4.8 priključite umesto pojačavača sa BC107, i tako napravite radio-prijemnik sa reprodukcijom preko zvučnika.

Na slici 7.8 je električna šema jednog jednostavnog alarmnog uređaja sa četiri NI kola iz čipa CD4011. NI3 i NI4 obrazuju audio oscilator koji stvara signal učestanosti 600 Hz. Ovaj signal se pojačava pomoću tranzistora BC286 i reprodukuje pomoću

ruju kad su vrata zatvorena. Te pločice, pomoću dve žice, spojite sa nožicama 1 i 7. Dok su vrata zatvorena prekidač je zatvoren i uređaj ne radi. Kada se vrata otvore, alarm glasno pišti.

Ako postoji opasnost da pištanje ne bude primećeno, jer je neko vrlo brzo otvorio i zatvorio vrata, treba kombinovati kolo sa slike 7.8 sa kolom sa slike 7.5a, tako da, kad je jednom uključen, alarm nastavi da svira i da se (po isteku vremena T) sam isključi.

Učestanost oscilovanja prvog oscilatora, odno-

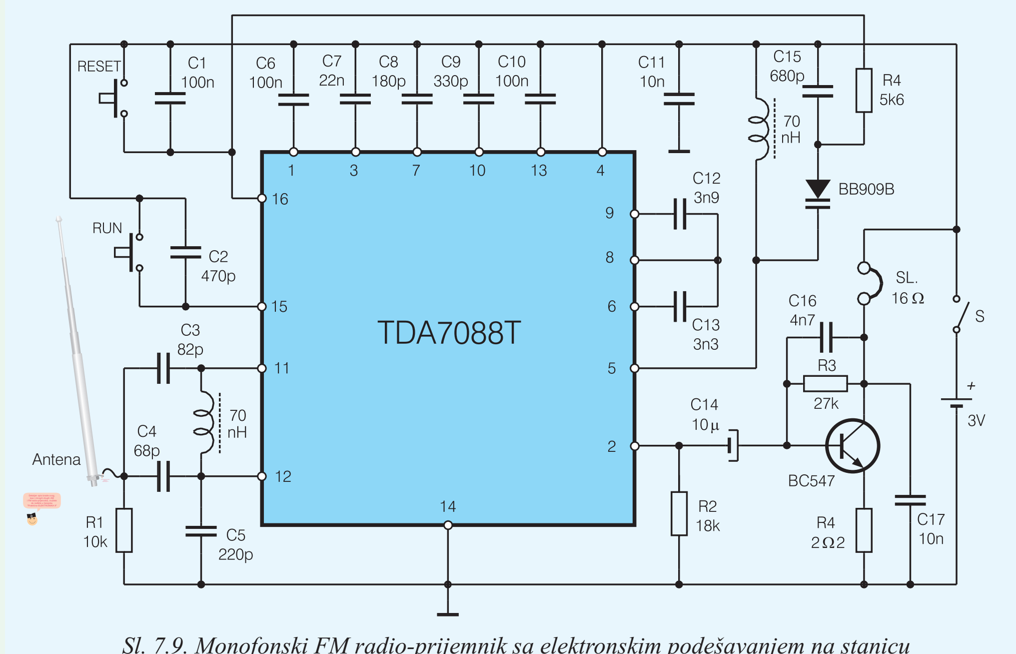


Sl. 7.8. Alarmni uređaj sa kolom CD4011

zvučnika. Kada bi veza između nožica 4 i 8 bila prekinuta, a nožica 8 spojena sa nožicom 9, iz zvučnika bi se neprekidno čuo ton učestanosti 600 Hz. Kola NI1 i NI2 obrazuju oscilator čija je učestanost 4 Hz. Ovaj signal se vodi na nožicu 8, pa se iz zvučnika čuje isprekidani ton od 600 Hz, koji je mnogo bolji za upotrebu u alarmnim uređajima. Ako ovaj alarm želite da ugradite na neka vrata, tada prekidač S možete da napravite tako što ćete na vrata da pričvrstite jednu, a na dovratnik drugu savitljivu pločicu od mesinga, koje se dodi-

sno učestanost prekidanja zvuka koji stvara drugi oscilator, je data obrascem f_1=0,6/R_1C_1. Ako želite da je smanjite, povećajte otpornost otpornika R1 i R2 ili kapacitivnost kondenzatora C1. Obrnuto, ako želite da je povećate, smanjite otpornosti ili kapacitivnost. Na isti način, menjanjem otpornosti R3 i R4 ili kapacitivnosti C2, može da se promeni i učestanost zvuka koji stvara drugi oscilator.

Umesto prekidača S može da se koristi i neki drugačiji senzor. Bitno je da je njegova otpornost u no-



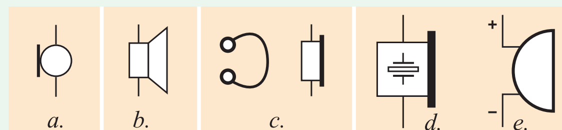
Sl. 7.9. Monofonski FM radio-prijemnik sa elektronskim podešavanjem na stanicu

rmalnim uslovima vrlo mala, a da veoma poraste kada nastupi alarmantna situacija. Na primer, ako biste umesto prekidača S vezali odgovarajući foto otpornik, alarm bi bio blokiran dok ima svetlosti, a proradio bi kad svetlost nestane.

Poslednji primer u ovom delu, električna šema monofonskog FM prijemnika sa kolom TDA7088T koji, sa SMD komponentama, uz malo veštine, može da se smesti u kutiju veličine kutije za šibice, zajedno sa dve minijaturne baterije u obliku dugmeta, prikazana je na slici 7.9. Podešavanje prijemnika na stanice iz područja ultrakratkih talasa (88 MHz do 108 MHz) obavlja se elektronskim putem. Pritisne se taster prekidač označen sa RUN, i u integrisanom kolu se aktivira kolo koje počne da pretražuje navedeno prijemno područje. Kada naiđe na stanicu prijemnik se podesi na nju i ostaje podešen sve do novog pritiska na RUN. Kad se stigne do kraja područja (do 108 MHz), pritisne se taster RESET i prijemnik se vraća na početak (na 88 MHz).

8. MIKROFONI, ZVUČNICI, SLUŠALICE, ZUJALICE

Mikrofoni, zvučnici, slušalice i zujalice su elektro-akustički pretvarači. Pomoću mikrofona se zvučni talasi koje stvara izvor zvuka pretvaraju u električne signale, a pomoću zvučnika, slušalica i zujalica električni signali se pretvaraju u zvuk. Njihovi simboli su prikazani na slici 8.1.



Sl. 8.1. Simboli za: a - mikrofon, b - zvučnik, c - slušalice, d - zujalicu (običnu), e - zujalicu sa ugrađenim oscilatorom

8.1. Mikrofoni

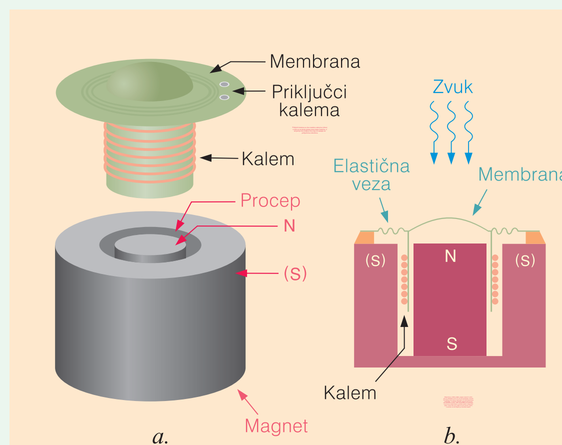
Mikrofona ima više vrsta: ugljeni, dinamički, kristalni, kondenzatorski (elektret), itd. Dinamički mikrofoni se najčešće koriste, oni su skoro nezamenljivi pri snimanju muzike i govora, u raznim vrstama ozvučavanja, itd. U suštini, dinamički mikrofon je isti kao i dinamički zvučnik, razlika je u tome što mikrofon ima mnogo manje dimenzije. (U praksi, u uređajima kao što su prenosni primopredajnici (vokitoki), interfoni i sl., često se kao mikrofoni koriste minijaturni dinamički zvučnici.)

Delovi i presek dinamičkog mikrofona su prikazani na slici 8.2.Na membranu koja osciluje pod dejstvom promenljivog zvučnog pritiska koji stvara izvor zvuka, je pričvršćen valjak od hartije na koji je namotana bakarna žica. Ovaj kalem se nalazi u uskom procepu u kome postoji jako magnetno polje koje stvara stalni magnet. Pri kratnju kalema, žica preseca linije magnetnog polja pa se u njoj, po Faradejevom zakonu, indukuje promemljivi napon. Taj napon je električna "slika" zvuka koji deluje na membranu.

Dinamički mikrofoni imaju vrlo malu otpornost, pa se na ulaz pojačavača priključuju preko posebnog transformatora, koji je ugrađen u kućište mikrofona. Ako nema ovog transformatora, neophodan je pretpojačavač sa malom ulaznom otpornošću.

Ugljeni mikrofoni su dugo godina korišćeni isključivo u telefoniji, ali ih i iz ove oblasti potiskuju savremeniji elektret mikrofoni.

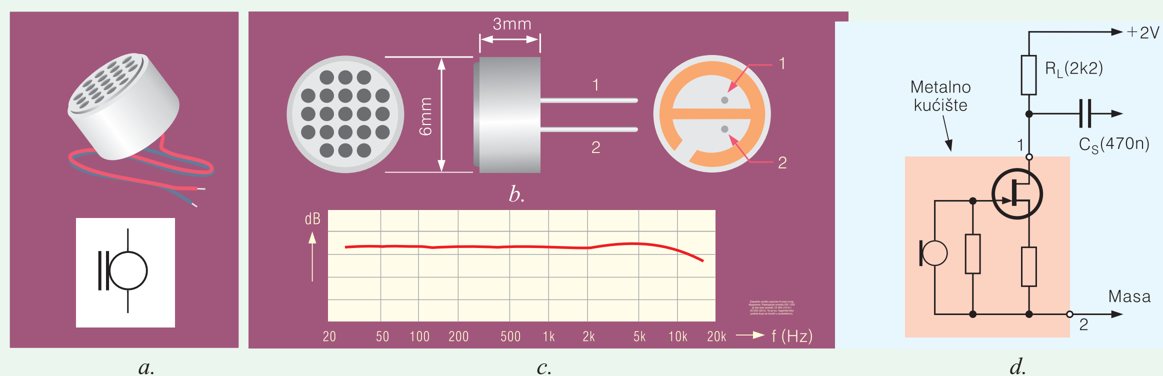
Zadnjih nekoliko godina sve više se, naročito u prenosnim uređajima i uređajima za masovnu upotrebu, koristi elektret mikrofon. To je savremena varijanta od davno poznatog kondenzatorskog mikrofona. Odlikuju ga izuzetno male dimenzije, otpornost na



Sl. 8.2. Dinamički mikrofon: a - glavni delovi, b - presek

udare i potrese, kvalitetan rad, niska cena itd.

Oblik, dimenzije i ostale karakteristike elektret mikrofona prikazani su na slici 8.3. Zapazite njegove izuzetno male dimenzije, kao neko malo deblje dugme, i široku frekvencijsku karakteristiku. U metalnom kućištu u kome je mikrofon nalazi se i jedan pojačavač sa FET-om, pa je za rad ovog mikrofona neophodan izvor jednosmernog napona. Sa donje strane kućišta se nalaze dva priključka obeležena brojevima 1 i 2. Prema slici 8.3d, priključak 2 se povezuje sa masom elektronskog uređaja (audio-pojačavača i sl.) na koji se mikrofon priključuje. Priključak 1 je tzv. "živi" kraj. Između njega i pozitivnog kraja baterije za napajanje se vezuje radni otpornik FET-a, na kome se dobija pojačani NF signal iz mikrofona. Taj pojačani signal se vodi dalje na uređaj preko sprežnog kondenzatora C_S.

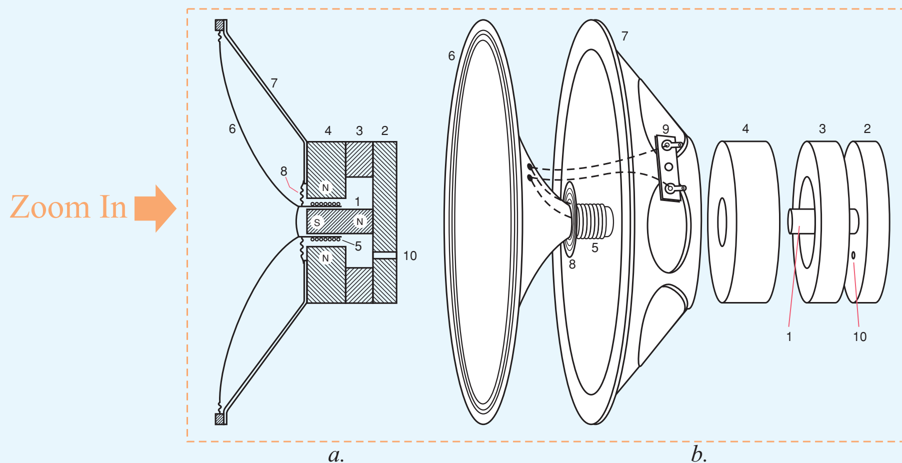


Sl. 8.3. Elektret mikrofon: a - izgled, b - dimenzije i priključci, c - frekvencijska karakteristika, d - povezivanje

8.2. Zvučnici

I zvučnika, kao i mikrofona i slušalica, ima više vrsta: dinamički, kristalni, kondenzatorski, ali se u praksi, skoro isključivo, koriste dinamički zvučnici.

Presek elektrodinamičkog zvučnika prikazan je na slici 8.4a, a njegovi delovi na slici 8.4b. Na jak permanentan magnet u obliku valjka (1) dodati su gvozdeni polni nastavci (2, 3 i 4), tako da u uskom vazdušnom procepu kružnog oblika između S i N pola postoji veoma snažno magnetno polje. U procepu se nalazi cilindrični nosač na koji je namotan kalem (5). Krajevi kalema su zalemljeni za male zakivke sa unutrašnje strane membrane odakle su, elastičnim bakarnim provodnicima, povezani sa priključcima (9) na kućištu zvučnika (7). Nosač kalema je zalepljen na membranu od hartije (6). Na ivici membrane je presovanjem napravljeno nekoliko kanala koji predstavljaju elastičnu vezu sa kućištem. Elastična veza, koja se naziva leptir (8), postoji i između unutrašnje strane membrane i kućišta. On je neophodan da bi se kalem i nosač postavili i održali tačno u sredini vazdušnog procepa, tako da kalem ne dodiruje polove magneta. Kod zvučnika većih snaga, elastične veze između membrane i kućišta se ostvaruju pomoću prstenova od tanke, elastične gume, koji omogućuju vrlo velike pomeraje membrane, a time i veliku snagu, a da pri tome izobličenja ostanu u zadatim granicama.



Sl. 8.4. Elektrodinamički mikrofon: a - presek, b - delovi

Dve najvažnije karakteristike zvučnika su njegova otpornost i snaga. Otpornosti koje se najčešće sreću u praksi su 4, 8 i 16 Ω, a postoje i zvučnici čije su otpornosti 3, 25, 40 i 80 Ω. Snage zvučnika se nalaze u granicama od nekoliko desetih delova vata, pa sve do nekoliko desetina, pa i stotina, vati.

Pri upotrebi zvučnika mora da se vodi računa o obe ove karakteristike. Ako na električnoj šemi piše da zvučnik ima otpornost od 8Ω, onda treba koristiti zvučnik tolike otpornosti, jer ako je otpornost manja postoji opasnost da, ili pojačavač ili zvučnik, zavisno od toga koji od njih ima manju snagu, bude trajno oštećen. Ako je otpornost zvučnika veća od naznačene vrednosti i zvučnik i urerđaj ostaju živi i zdravi, ali izlazna snaga uređaja će biti manja.

Što se tiče snage zvučnika, situacija je nešto drugačija. Ako je maksimalna izlazna snaga pojačavača na koji se zvučnik priključuje, recimo 1 W, tada snaga zvučnika ne sme da bude manja od te vrednosti.

(Ako se, iz bilo kog razloga, ipak koristi zvučnik manje snage, treba biti obazriv i regulator jačine ne stavljati blizu maksimuma jer će zvučnik, ako se pređe snaga od 1 W, biti oštećen.) Međutim, u našem primeru, moguće je koristiti svaki zvučnik čija je snaga veća od 1 W. To je i preporučljivo jer će tada izobličenja zvuka koja stvara zvučnik biti manja, a reprodukcija kvalitetnija.

Što se tiče dimenzija zvučnika, treba, kad god je to moguće, izbegavati minijaturne zvučnike i umesto njih koristiti zvučnike većih dimenzija, jer ovi imaju bolju efikasnost (reprodukcija je glasnija) i kvalitetniju reprodukciju, naročito u oblasti nižih zvučnih učestanosti.

Zvučnik svakako treba ugraditi u neku, što veću i što masivniju, kutiju jer je tad reprodukcija i znatno glasnija i znatno kvalitetnija.

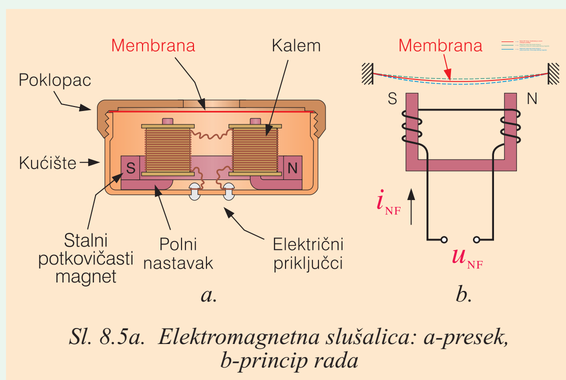
Za budilnike u električnim časovnicima i razne slične alarmne i indikatorske uređaje koriste se minijaturni zvučnici smešteni u plastične kutije istog oblika kao kućište elektret mikrofona sa slike 8.3a. Takav zvučnik je i u alarmnom uređaju sa slike 7.8.

U navedenim uređajima koriste se i minijaturni keramički zvučnici poznati pod imenom "bazer". Oni imaju vrlo veliku otpornost pa se priključuju direktno na izlaz digitalnih integrisanih kola. Na primer, na slici 7.8 bazer bi bio priključen između nožice broj 11 i mase.

8.3. Slušalice

Kao i u slučaju zvučnika, postoji više vrsta slušalica (dinamičke, kristalne i elektromagnetne) ali se u praksi najčešće koriste dinamičke slušalice. One rade na potpuno istom principu, i imaju iste delove, kao i dinamički zvučnici. Upadljiva razlika u konstrukciji je posledica činjenice da je snaga slušalica mnogo manja od snage zvučnika. Glavna karakteristika slušalica je otpornost, i ona se nalazi u granicama od nekoliko oma (dinamičke slušalice) do nekoliko stotina kilooma (kristalne slušalice). Među amaterima su vrlo popularne elektromagnetne slušalice. Njihova otpornost se nalazi u granicama od nekoliko stotina oma do nekoliko kilooma, što omogućuje njihovo direktno priključivanje na izlaz mnogih jednostavnih pojačavača sa tranzistorima.

Na slici 8.5a prikazan je presek kroz elektromagnetnu slušalicu. Ona se sastoji od stalnog magneta u obliku potkovice sa polnim nastavcima na kojima su



Sl. 8.5a. Elektromagnetna slušalica: a-presek, b-princip rada

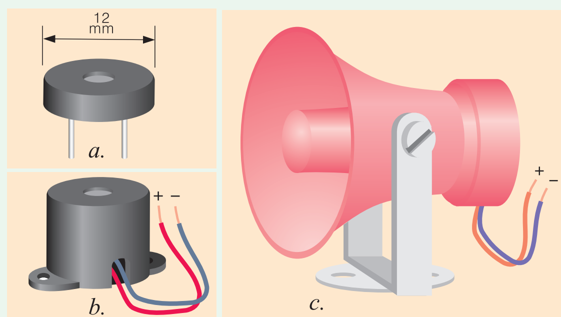
postavljena dva kalema. Kalemovi su vezani na red, tako da se, pri proticanju struje, magnetna polja sabiraju. Membrana je u obliku tanke elastične čelične ploče. Kada kroz kalemove ne teče struja, stalni magnet drži membranu privučenu i nategnutu (sl. 8.5ab). Kad se na priključke slušalice dovede NF napon, kroz kalemove teče NF struja. Kada se magnetno polje koje stvara ova struja i magnetno polje stalnog magneta poklapaju po smeru, sila koja deluje na membranu se povećava i membrana biva više privučena. Kada su polja suprotnog smera, sila se smanjuje i membrana se udaljava. Krajnji položaji membrane prikazani su isprekidanim linijama.

8.4. Zujalice (bazeri)

Zujalice ili bazeri (eng. buzzer) su minijaturni keramički zvučnici koji se koriste u raznim alarmnim i indikatorskim uređajima. (Najpoznatija je njihova primena u budilnicima, mobilnim telefonima itd.) Pored običnih zujalica, koje se aktiviraju promenljivim naponom iz nekog oscilatora, postoje i zujalice sa ugrađenim oscilatorom. Za njihovo aktiviranje dovoljno je da se na njihove priključke (obeležene sa + i −) dovede odgovarajući jednosmerni napon.

Zujalice se proizvode u različitim oblicima i veličinama. Na slici 8.5ba je prikazana obična, a na slici 8.5bb zujalica sa oscilatorom.

Posebnu vrstu keramičkih pretvarača predstavljaju sirene sa oscilatorm (sl.8.5bc) koje se koriste u alarmnim uređajima u automobilima i sl.



Sl. 8.5b Zujalice: a - obična, b i c - sa ugrađenim oscilatorom

8.5. Primeri praktične primene mikrofona, zvučnika i slušalica

Na slici 8.6 je prikazna električna šema vrlo jednostavnog radio-predajnika u kome je iskorišćen elektret mikrofon. To je FM predajnik koji emituje na nekoj slobodnoj učestanosti u opsegu od 88 MHz do 108 MHz, tako da prijem može da se obavi pomoću kućnog FM prijemnika.

Podešavanje učestanost predajnika, tako da ne bude jednaka učestanosti nekog radio-difuznog predajnika, se vrši pomoću trimer-kondenzatora C_t.

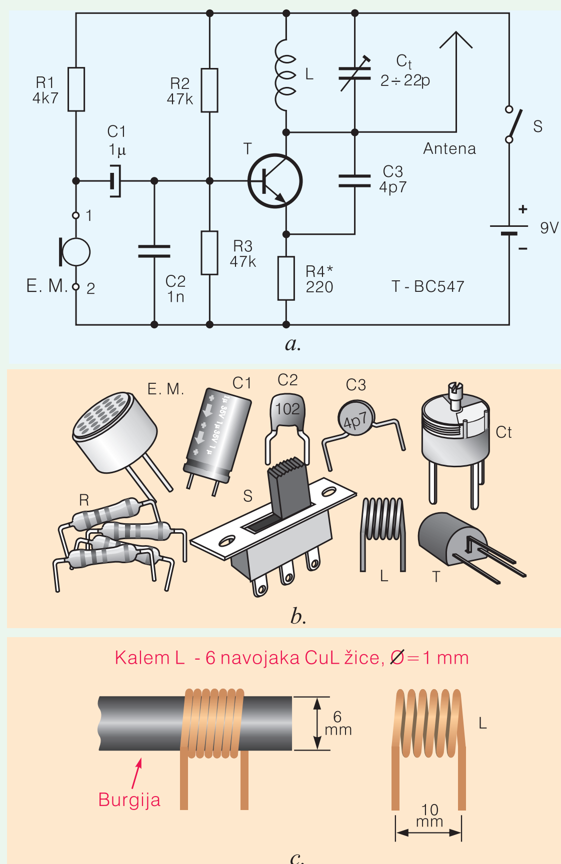
Emisiona antena je komad izolovane bakarne žice dužine oko 60 cm.

Samonoseći kalem L, sa unutrašnjim prečnikom od 6 mm, ima 6 zavojaka bakarne žice prečnika oko 1 mm. On se, kao što je prikazano na slici 8.6c, namota, zavojak do zavojka, na burgiji prečnika 6 mm. Zatim se skine sa burgije i razvuče, tako da mu dužina bude oko 10 mm. Promena njegove induktivnosti se ostvaruje tako što se on ili stisne, tako da se rastojanje između zavojaka smanji (tada se induktivnost poveća) ili se rastegne, tako da se rastojanje između zavojaka poveća (tada se induktivnost smanji).

Domet predajnika zavisi od osetljivosti upotrebljenog prijemnika, orijentaciono je oko 70 m. On može da se u izvesnoj meri poveća smanjivanjem otpornosti R4, ili samnji - povećavanjem ove otpornosti.

Detaljnije informacije o ovoj temi možete da nađete "*Praktičnoj* ELEKTRONIKCI" RADIO-PREDAJNICI





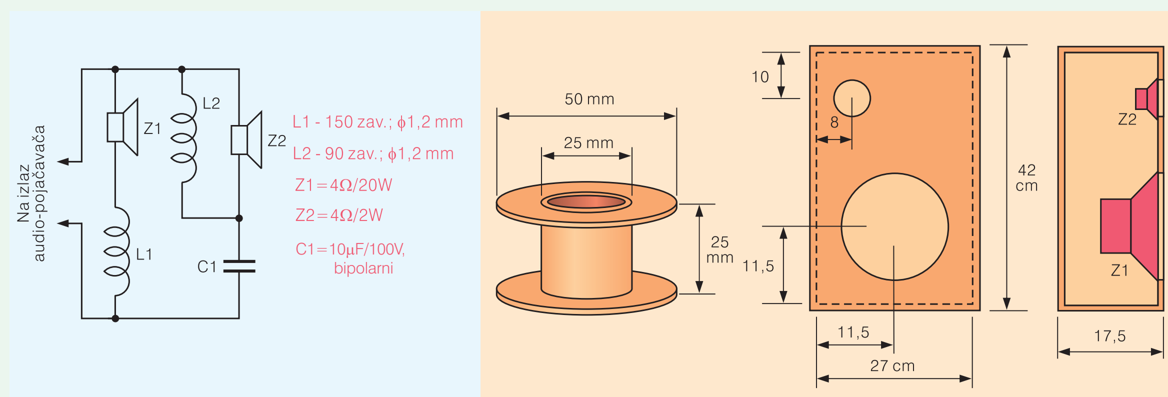
Sl. 8.6. Najjednostavniji FM radio-predajnik: a - električna šema, b - komponente, c - pravljenje kalema

Najpoznatija oblast u kojoj se primenjuju zvučnici je stereofonska Hi-Fi reprodukcija zvuka, bilo preko posebnih audio-pojačavača bilo preko pojačavača u sklopu radio i TV prijemnika, kasetofona, CD plejera itd. U takvim uređajima se koriste zvučnici u posebnim tzv. zvučnim kutijama. Zvuci koje treba reprodukovati imaju učestanosti u opsegu od 30 Hz do 15 kHz. Pošto zvučnik koji bi verno reprodukovao sve ove zvuke ne postoji, u zvučne kutije se ugrađuje dva ili više zvučnika od kojih svaki verno reprodukuje zvuke iz jednog dela navedenog opsega. Zvučnici se ne vezuju jednostavno u paralelu već se dodaju i tzv. električne skretnice čiji je zadatak da električne signale usmere u zvučnik koji je za njih "specijalizovan".

Kao primer, na slici 8.7 je prikazana zvučna kutija sa dva zvučnika: Z1 koji reprodukuje zvuke čije su učestanosti od 30 Hz do 800 Hz i Z2 koji reprodukuje zvuke čije su učestanosti od 800 Hz do 15 kHz. Kalemovi L1 i L2 i kondenzator C1 obrazuju elektronske skretnice.

nosti 32Ω, koje su vezane na red, tako da je ukupna otpornost 64 Ω.

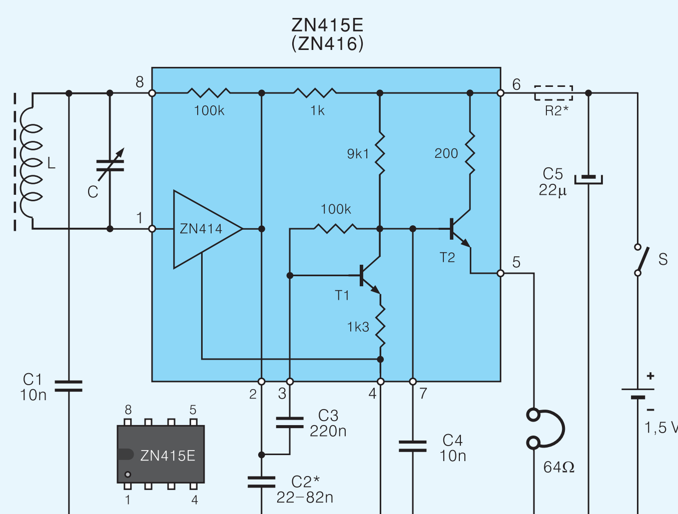
Spajanjem šeme sa slika 8.8 i 7.3, može da se realizuje veoma jednostavan prenosni radio-prijemnik za srednje talase sa reprodukcijom preko zvučnika.



Sl. 8.7. Zvučna kutija: električna šema, kalemsko telo, dimenzije kutije

Najpoznatija oblast primene slušalica su MP3 plejeri, prenosni radio-prijemnici, CD plejeri i sl. Slušalice se koriste i u stacionarnim kućnim uređajima, jer tada omogućuju slušanje sa proizvoljno velikom snagom, bez ometanja normalnog života ukućana i komšija. Pored toga, slušalice obezbeđuju vrlo kvalitetnu reprodukciju po mnogo manjoj ceni nego u slučaju isto toliko kvalitetnih zvučnih kutija. Svi savremeni uređaji na koje se priključuju slušalice imaju audio-pojačavač izveden sa nekim integrisanim kolom, a većina ovih kola su projektovana za opterećenje od 32Ω. Zato sve savremene slušalice imaju ovu otpornost, ali postoje i slušalice otpornosti 16 Ω.

Na slici 8.8 je data električna šema prenosnog radio-prijemnika za srednje talase, izvedenog sa integrisanim kolom ZN416. Reprodukcija je preko dve slušalice otpor-



Sl. 8.8. Mini AM radio-prijemnik sa kolom ZN415E

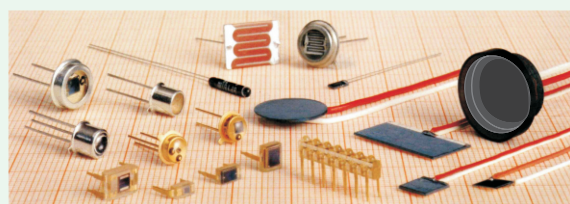
9. OPTO-ELEKTRONSKE KOMPONENTE

Opto- (ili foto-) elektronske komponente su komponente koje proizvode svetlost ili reaguju na nju. U njih spadaju LED diode, foto-tarnzistori, foto-diode, foto-otpornici (LDR), razni svetlosni indikatori, emiteri i detektori svetlosti, opto-kapleri itd. Na prvi pogled, mnoge od ovih komponenata se prepoznaju po tome što je njihovo kućište tako napravljeno da na njemu postoji "prozor" kroz koji ulazi (ili izlazi) svetlost. Često se koristi i malo optičko sočivo koje usmerava svetlost. Neke od ovih komponenata prikazane su na fotografiji na slici 9.1

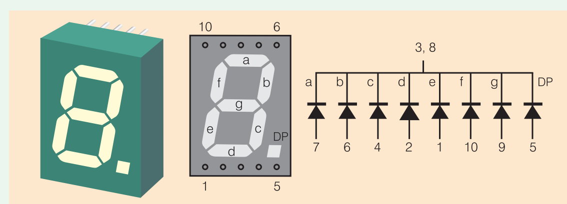
Najpoznatija opto-elektronska komponenta je LED dioda, o kojoj je već bilo reči. Ona se najčešće koristi kao svetlosni indikator uključenosti uređaja, ali se koristi i u raznim alarmima i indikatorima, u stabilizatorima napona itd. Najviše se koriste LED diode crvene i zelene boje, ali postoje i "bele", žute, narandžaste i plave, kao i njihove kombinacije, u izuzetno velikom broju veličina, jačina svetlosti, jačine struje i oblika kućišta.

Pomoću LED dioda se prave i LED displeji (pokazivači). Jedna cifra takvog pokazivača, zajedno sa decimalnom tačkom (DP - Decimal Point), prikazana je na slici 9.2. Ona se, kao što se vidi, sastoji od osam dioda obeleženih sa a, b, c, d, e, f, g i DP. Katode svih dioda su spojene, pa se kaže da je to sklop dioda sa zajedničkom katodom. Postoje i displeji sa zajedničkom anodom. U oba slučaja, na red sa svakom diodom mora da se veže i poseban zaštitni otpornik.

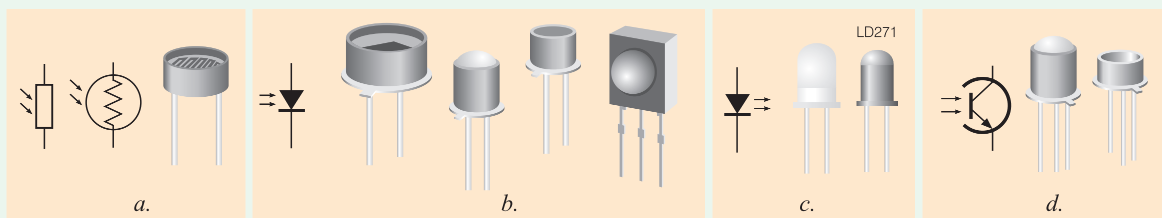
Foto-elektronske komponente se proizvode u različitim oblicima kućišta. Nekoliko njih, zajedno sa simbolima kojima se ove komponente predstavljaju na



Sl. 9.1. Foto-elektronske komponente



Sl. 9.2 LED pokazivač (displej)



Sl. 9.3. Opto-elektronske komponente: a - otpornici, b - detektorske (prijemne) diode, c - emisione (predajne) diode, d - tranzistori

električnim šemama, prikazano je na slici 9.3.

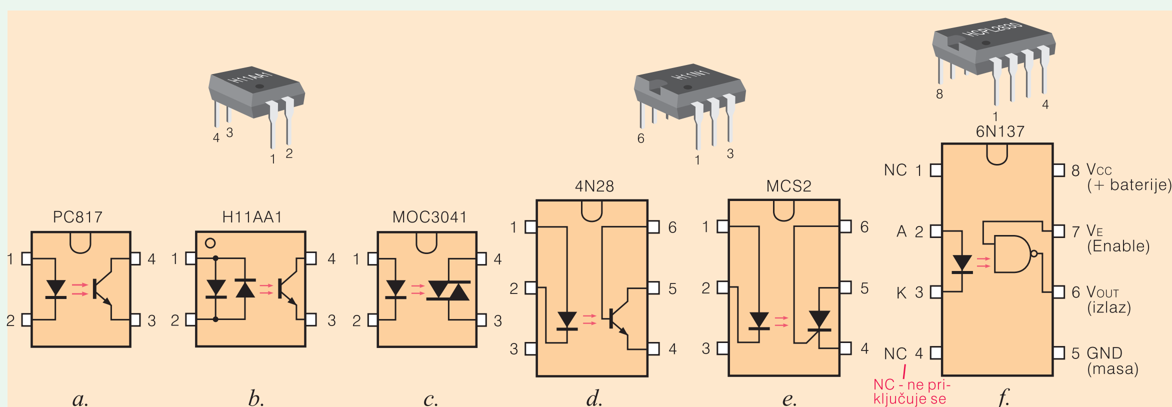
Foto-diode su po svojoj unutrašnjoj građi slične običnim diodama. Bitna razlika je u tome što je kristalna pločica na kojoj su one napravljene otkrivena, tako da na nju pada svetlost. U praksi, ove diode se polarišu nepropusno (jednosmerni napon na anodi je manji od napona na katodi), pa se ponašaju kao otpornik vrlo velike otpornosti. Ali, tako je u mraku. Kada na diodu padne svetlost, njena otpornost se smanji, i to utoliko više u koliko je svetlost jača. Može da se kaže da se foto-dioda ponaša kao foto-otpornik (LDR), s tom razlikom što pri upotrebi foto-diode mora da se vodi računa i o jednosmernom naponu polarizacije. Posebna vrsta foto-dioda su emisione diode. Takva je i LED dioda, ona emituje vidljivu svetlost. Za razne vrste bežičnih veza koriste se diode koje emituju u infracrvenoj oblasti, a postoje i diode koje emituju u ultraljubičastoj oblasti. Najpoznatiji primer primene IR (Infra Red - infra crveno) dioda su daljinski upravljači za TV prijemnike i slične uređaje.

Foto-diode se najčešće pakuju u okrugla metalna kućišta sa čije gornje strane je stakleni prozor ili stakleno sočivo kojim se vrši fokusiranje svetlosti, ali postoje i četvrtasta palstična kućišta.

I foto-tranzistori su po svojoj unutrašnjoj građi isti kao i obični tranzistori. Razlika je u tome što su hjihova kućišta otvorena, tako da na kristalnu pločicu na kojoj je napravljen tranzistor može da dođe svetlost. Pod dejstvom svetlosti, menja se otpornost između kolektora i baze a time i kolektorska struja. Svetlost koja pada na foto-tranzistor radi isto što i napon na bazi običnog tranzistora. Pri porastu njene jačine, struja kroz tranzistor (od kolektora ka emiteru) se povećava. Obrnuto, pri smanjenju jačine, struja se smanjuje.

Posebnu grupu foto-elektronskih komponenata čine tzv. opto-kapleri. To su integrisana kola koja u sebi sadrže IR foto-diodu i neku komponentu (foto tranzistor, foto tiristor itd.) koja je osetljiva na svetlost. Dioda se naziva emiter, a foto osetljiva komponenta, detektor. Veza između ulaza i izlaza opto-kaplera je preko mlaza svetlosti, tako da su kolo koje se priključuje na ulaz i kolo koje se priključuje na izlaz opto-kaplera izolovani u električnom pogledu, što je, u nekim elektronskim uređajima vrlo značajna stvar.

Nekoliko opto-kaplera i kućišta u koja su smešteni prikazano je na slici 9.4.



Sl. 9.4. Opto-kapleri

Foto-tranzistor na slici 9.4a se povezuje sa drugim komponentama na isti način kao i obični tranzistori. Upravljanje strujom kroz njega vrši se svetlom koje emituje dioda.

Napon koji se dovodi na diodu na slici 9.4a može da bude promenljive jačine, ali takav da je anoda uvek pozitivna u odnosu na katodu. Ako je to "čist" naizmenični napon, dioda će da emituje svetlost samo za vreme poluperioda u kojima je anoda pozitivna u odnosu na katodu. Ako je potrebno da tranzistor provodi za vreme obe poluperiode, može da se koristi kolo sa slike 9.4b. U njemu su dve diode vezane antiparalelno, tako da za vreme jedne poluperiode svetli jedna, a za vreme druge - druga.

Na slici 9-4c je opto-kapler sa tiristorom. Tiristor se sa ostalim komponentama povezuje na uobičajen način, a počeće da provodi struju tek ka bude okinut svetlosnim impulsom koji stvara dioda.

Upravljanje tranzistorom na slici 9.4d može da se vrši svetlom diode i naponom na bazi, koji može da se dovede na nožicu 6. Ista stvar je i sa trijakom na slici 9.4e, okidanje može da se obavi bilo naponskim impulsom dovedenim na nožicu 6 bilo svetlosnim impulsom diode.

Na slici 9.4f, detektor je NI kolo sa dva ulaza. Jednim se upravlja naponom koji se dovodi na nožicu 7 a drugim svetlom iz diode. Na nožici 6 će biti logička nula samo u slučaju kada je na nožici 7 logička jedinica i dioda svetli. U svim ostalim slučajevima, na nožici 6 će biti logička jedinica.

9.1. Primeri praktične primene opto-elektronskih komponenata

Na slici 9.5 je električna šema uređaja pomoću koga se, pri pojavi svetlosti određene jačine, uključuje neki električni uređaj koji se napaja iz gradske mreže. U odsustvu svetlosti, prema podacima datim u antrfileu na slici 9.5, otpornost LDR otpornika NORP12 je R=1 MΩ, pa su i napon na bazi i struja baze veoma mali i kroz tranzistor (od kolektora ka bazi) praktično ne teče struja. Pošto kroz kalem relea ne teče struja, njegova kotva nije privučena i preklopnik je u svom mirnom položaju, kao na slici. Kada se svetlost pojavi, otpornost se smanji (pri osvetljenosti od 10 lx (deset luksa) ona je R=9 kΩ), napon i struja baze porastu i kroz tranzistor teče kolektorska struja. Ova struja teče i kroz kalem relea. Kotva biva privučena i preklopnik biva prebačen u svoj radni položaj, tako da se uspostavi veza između nožica 1 i 3. Električni uređaj

priključen na mrežnu utičnicu dobija napajanje i počinje da radi.

Osetljivost uređaja zavisi od položaja klizača trimer potenciometra od 5 kΩ: što je klizač bliže svom krajnjem donjem položaju, uređaj će biti uključen pri manjoj jačini svetlosti. Najveća osetljivost se postiže kad se trimer izostavi.

Umesto LDR otpornika može da se koristi fotodioda (katoda gore, na + baterije) ili foto- tranzistor (kolektor gore).

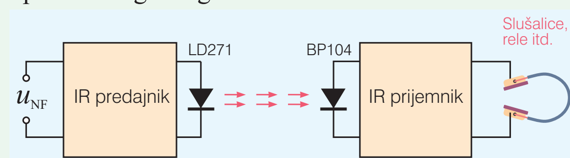
Ako se umesto LDR orponika stavi običan otpornik od, recimo, 47 kΩ, a LDR otpornik spoji između tačaka A i B, uređaj će se uključiti pri nestanku svetlosti.

Rele ima namotaj (kalem) koji odgovara naponu baterije, u našem slučaju to je 12 V, ali može da bude i neka druga vrednost. Otpornost namotaja je nekoliko stotina oma i ne sme da bude manja od 120 Ω. Struja koju mogu da izdrže kontakti relea treba da je jednaka, ili veća, od struje uređaja koji je priključen na mrežnu utičnicu. Na primer, ako je u pitanju električna grejalica snage $P = 1$ kW, struja je:

$$I = P/U = 1000\text{W}/220\text{V} = 4{,}5\text{ A}.$$

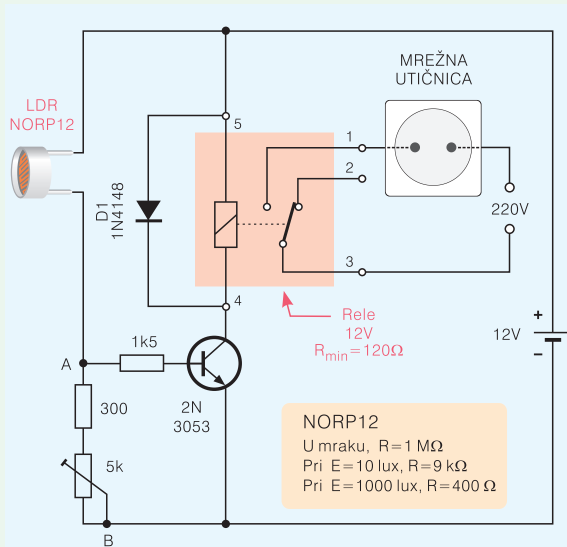
Tranzistor može da bude bilo koji TUN, čija je maksimalna dozvoljena kolektorska struja veća od struje kroz kalem relea. (Ova struja se dobija deljenjem napona baterije i otpornosti kalema relea.)

IR emisione i prijemne foto-diode se koriste u predajnicima i prijemnicima kojima se ostvaruju veze na relativno malim rastojanjima, u slučajevima kada korišćenje kablova ili klasične radio veze nije prikladno. Takva je, već pominjana, veza između daljinskog upravljača i TV prijemnika i sl. Na slici 9.6 je prikazana blok-šema jedne takve bežične IR veze između nekog izvora zvuka (TV-prijemnik, radio-prijemnik, Hi-Fi linij i sl.) i slušalica, kojom je izbegnuta upotreba dugačkog kabla.



Sl. 9.6. Radio prenos pomoću infracrvene svetlosti

Sa u_{NF} je obeležen NF signal koji se prenosi. Pod njegovim dejstvom u IR predajniku se vrši modulacija jednog VF napona koji se naziva nosilac. Ovaj modulisani VF napon se vodi na emisionu diodu LD271. Promenljiva svetlost koju emituje ova dioda menja provodnost prijemne diode BP104, pa se na ulazu u IR prijemnik dobija VF napon istog oblika kao i modulisani napon na izlazu predajnika. U IR prijemniku se obavlja postupak suprotan modulaciji. To je



Sl. 9.5. Optičko rele

demodulacija kojom se ponovo dobija NF signal u_{NF}. Ovaj signal se, dalje, pojačava i reprodukuje preko slušalica.

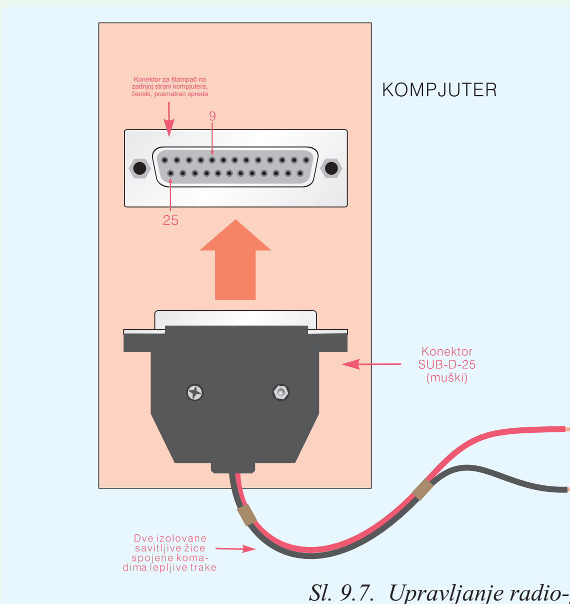
Na slici 9.7 je prikazano kako pomoću personalnog kompjutera može da se upravlja radom nekog električnog uređaja. Da bi interfejs kolo (kolo između uređaja i kompjutera) bilo sasvim jednostavno, uređaj čijim se radom upravlja je mali prenosni radio-prijemnik koji se napaja iz baterije od 9 V.

Interfejs kolo, baterija i prijemnik se, preko muškog konektora Sub-D-25, priključuje na konektor za štampač na kompjuteru. Program se pravi u bilo kom programskom jeziku. To može da bude i Q-Basic, i tada program koji će u sedam sati ujutro da uključi radio i u sedam i petnaest ga isključi izgleda ovako:

```
REM Program za budjenje
10 DO
20 LOOP UNTIL TIME$="07:00:00"
30 OUT &H378, 128
40 SLEEP 900
50 OUT &H378, 0
60 STOP
```

U sedam sati, na nožici 9 (između nje i mase) na konektoru za štampač pojaviće se +5 V, i tu će biti sledećih 900 sekundi, a zatim će napon ponovo biti 0V, kao što je i bio do sedam sati. Pod dejstvom ovog napona, kroz diodu u opto-kapleru teče struja od oko 10 mA, dioda svetli i kroz tranzistor teče struja. Pošto je svetlost dovoljno jaka tranzistor je u zasićenju. To znači da se tranzistor, od kolektora do emitera, ponaša kao zatvoreni prekidač. Zbog toga se na radio-prijemniku, između priključaka za bateriju + i –, javlja jednosmerni napon baterije i prijemnik svira.

Interfejs kolo na slici 9.7 može da bude još jednostavnije. Umesto opto-kaplera može da se koristi običan tranzistor na čiju bazu bi bio spojen desni kraj otpornika R1. Ali, rešenje sa opto-kaplerom ima jednu vrlo značajnu prednost: kompjuter i radio-prijemnik su potpuno razdvojeni u električnom pogledu. Bilo kakva greška pri povezivanju prijemnika , baterije itd. ne može da ošteti kompjuter. Na isti način, bilo kakav kvar u kompjuteru ne utiče na radio-prijemnik.

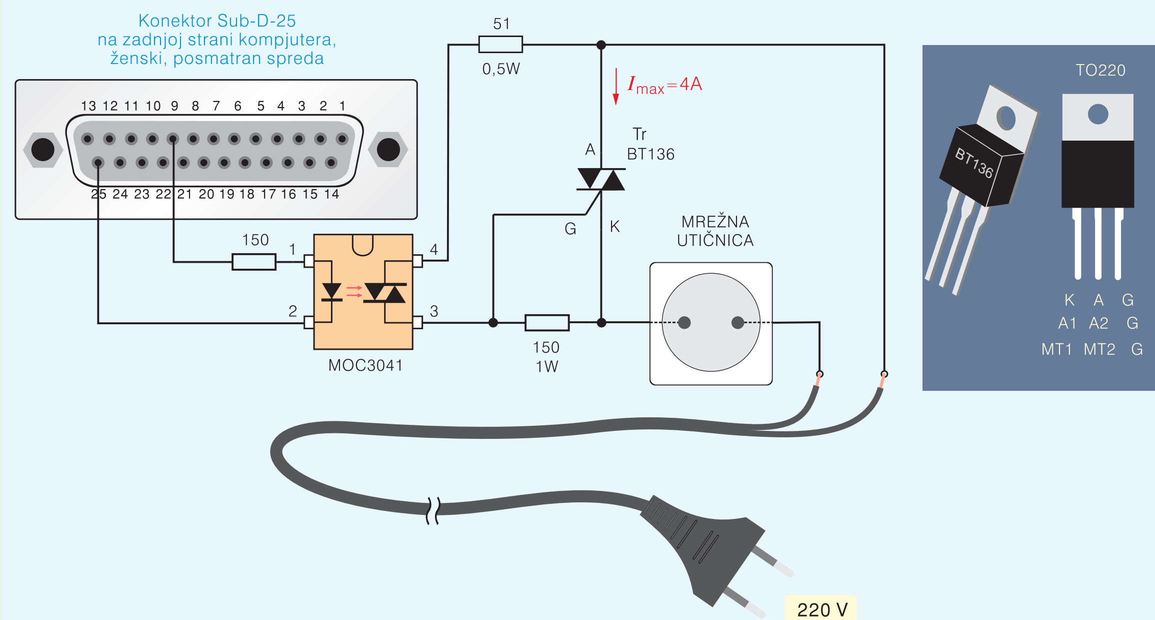


Sl. 9.7. Upravljanje radio-prijemnikom pomoću kompjutera

Na slici 9.8 je prikazana električna šema još jednog interfejs kola preko koga se na paralelni port kompjutera priključuje bilo kakav električni uređaj koji se napaja iz gradske mreže. Uključivanje i isključivanje tog uređaja se vrši pomoću odgovarajućeg programa, sličnog onom koji je korišćen u prehodnom primeru.

Kada se, prema programu, na nožici 9 konektora na slici 9.8 pojavi +5V (logička jedinica), dioda će da provodi struju. Svetlost koju ona emituje okida trijak u opto-kapleru, pa i on provodi struju. Ova struja protiče kroz otpornik od 150 Ω i stvara na njemu pad napona koji okida trijak Tr, tako da ovaj provodi struju koja protiče kroz potrošač priključen na mrežnu utičnicu.

Maksimalna dozvoljena struja trijaka BT136 je 4 A, pa je maksimalna snaga potrošača 880 W. Treba imati u vidu da na mrežnu utičnicu mogu da se priključe samo čisto omski potrošači, kao što su sijalice, grejalice i sl. Za priključivanje induktivnih potrošača kao što su elektromotori, transformatori i sl. bolje je koristiti interfejs kola sa releima.



Sl. 9.8. Interfejs sa opto kaplerom i trijakom

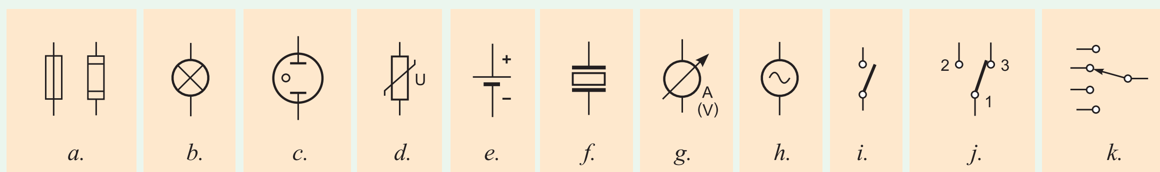
10. OSTALE KOMPONENTE

Praktično nije moguće opisati, čak ni u kratkim crtama, sve komponente elektronskih uređaja, jer ih ima vrlo mnogo. Zato ćemo pogledati samo još neke od njih koje ćete sretati u projektima opisanim u sledećim brojevima "*Praktične* ELEKTRONIKE". Njihovi simboli su prikazani na slici 10.1.

Osigurači (sl.10.1a) u električnim kolima imaju ulogu da spreče teža oštećenja. Naime, u uređajima većih snaga, kao što su razni pojačavači, radio-prijemnici, TV uređaji i sl., pri nekim poremećajima dolazi do velikog porasta struje koju oni "vuku" iz električne mreže. Ta velika struja može trajno da ošteti mnoge komponente uređaja. Zbog toga se u kolo te struje ubacuje osigurač. On se najčešće pravi u obliku cevčice od stakla u kojoj se nalazi tanka žica koja, kada struja poraste iznad neke određene vrednosti, pregoreva i prekida struju, čime sprečava oštećenje drugih komponenata uređaja.Osigurači se najčešće koriste u ispravljačkom delu uređaja. Vrednosti radnog napona i struje iznad koje dolazi do pregorevanja, naznačeni su na jednoj od dve metalne kapice na krajevima osigurača.

Na slici 10.1b je simbol za običnu električnu sijalicu sa zagrevnim vlaknom. Neonska sijalica, poznatija kao tinjalica, (sl. 10.1c), koristi se za indikaciju napona od 220 V. Na red sa tinjalicom se obavezno vezuje zaštitni otpornik otpornosti par stotina kiloома. Obe ove sijalice, i obična i neonska, su nekada mnogo više korišćene nego danas. Potisnule su ih LED diode. Međutim, obična sijalica se sreće u amaterskim rešenjima u kojima se koristi kao PTC otpornik. Naime, otpornost njenog zagrevnog vlakna veoma zavisi od temperature na koju je zagrejeno. Kod većine sijalica otpornost usijanog valakna je deset do dvadeset puta veća od otpornosti u hladnom stanju.

Otpornost VDR otpornika (sl. 10.1d) zavisi od napona koji je doveden na njih: veći napon - veća otpornost. Koriste se u raznim vrstama zaštite kola od nekontrolisanog porasta napona. Postoje i VDR otpornici čija se otpornost naglo smanjuje kada napon pređe neku određenu vrednost. Oni se vezuju na mrežni ulaz električnih uređaja, tj. na mrežni napon od 220 V. Ako preko mreže na uređaj dođe napon koji je znatno veći od 220 V, otpornost VDR otpornika se veoma



Sl. 10.1. a - osigurač, b - sijalica, c - tinjalica, d - VDR otpornik, e - baterija, f - kvarc, g - merni instrument, h - izvor naizmeničnog napona, i - prekidač, j - preklopnik sa dva položaja, k - preklopnik sa četiri položaja

smanji i on, kako se to popularno kaže, "upije" višak napona i na taj način štiti uređaj od oštećenja.

Na slici 10.1e je simbol za bateriju jednosmernog napona, a na slici 10.1f simbol za kvarcnu jedinku. Kvarcna jedinka, ili, popularnije, kvarc, je tanka pločica od kvarca stisnuta između dve metalne pločice. Sve to je smešteno u metalno kućište zatvoreno plastičnim čepom iz koga izlaze dve žice (priključci) spojene sa metalnim pločicama. Cela ta konstrukcija se ponaša kao oscilatorno kolo koje ima vrlo veliki faktor dobrote, pa se najčešće koristi za stabilizaciju učestanosti elektronskih oscilatora. Za amatere, najpristupačniji izvor kvarca je neki rashodovani električni sat i sl.

Na slici 10.1g je simbol za instrument za merenje struje (A) ili napona (V). To je simbol iz vremena analognih instrumenata sa iglom koja se kretala iznad polukružne skale. Danas se češće koriste digitalni (cifarski) instrumenti, ali je simbol ostao isti.

Simbol za izvor naizmeničnog napona sinusnog oblika je prikazan na slici 10.1h. Ako unutar kruga nije jedna već više sinusoida, u pitanju je izvor VF (visokofrekventnog) napona. Ako je umesto sinusoide pravougaonik ili trougao, radi se o izvoru takvog (pravougaonog ili testerastog) napona.

Na slici 10.1i je simbol za najjednostavniji prekidač. Kada je ručica kojom se on aktivira u jednom položaju, prekidač je otvoren, a kada je u suprotnom, prekidač je zatvoren. Dvopoložajni prekidač, ili preklopnik (si.10.1j) ima dva radna položaja. U jednom je ostvaren spoj između priključaka 1 i 2, a u drugom između 1 i 3.

Postoje i preklopnici sa više radnih položaja. Na slici 10.1k je prikazan rotacioni preklopnik sa četiri položaja.

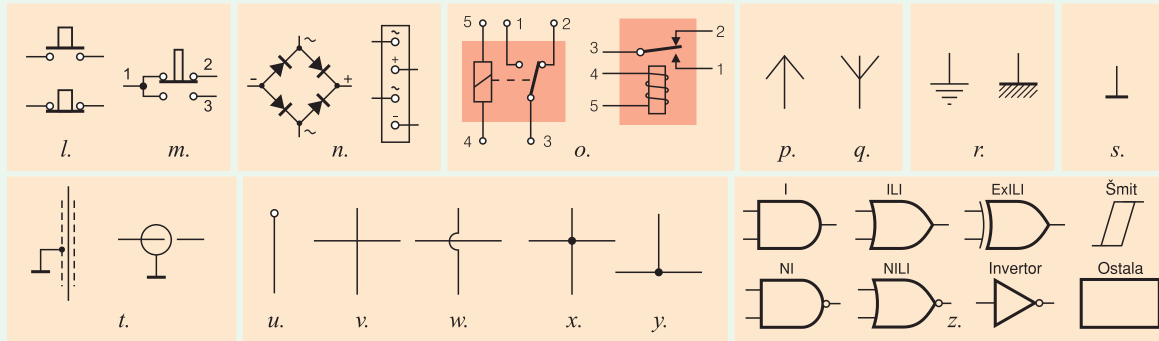
Tasterski prekidač (sl. 10.1l) ima u sebi ugrađenu oprugu, tako da spoj između priključaka postoji samo dok je taster pritisnut (takav je, na primer, prekidač za kućno zvono). Postoje i tasterski prekidači kod kojih su priključci stalno spojeni, a otvaraju se pri pritisku na taster (takav je, na primer, prekidač koji aktivaraju vrata mašine za pranje veša), a postoje i tasteri koji imaju tri kontakta, kao na slici 10.1m. Veza 1 -2 je ostvarena kada taster nije pritisnut, a veza 1 -3 kada je pritisnut.

Na slici 10.1n su simboli za četiri diode u zajedničkom kućištu, povezane u tzv. mostnom ili Grecovom spoju, koje se koriste kao dvostarni usmerači u ispravljačima. Iz plastičnog kućišta izlaze četiri provodnika: dva obeležena malim sinusoidama (na njih se priključuje naizmenični napon) i dva obeležena sa + i – (između njih se vezuje elektrolitski kondenzator na kome se dobija jednosmeran napon).

Na slici 10.1o su simboli za releje. Kada se na priključke elektromagneta (4 i 5) dovede potreban upravljački napon, kotva biva privučena, pa se prekida veza 3-2, a ostvaruje veza 3-1.

Na slici 10.1p je simbol za prijemnu, a na slici 10.1q za predajnu antenu radio-prijemnika, odnosno predajnika.

Na slici 10.1r su simboli za uzemljenje, a na slici 10.1s je za masu uređaja. Masa i uzemljenje nisu ista stvar mada su, ako oba postoje, spojene. Kod elektronskih uređaja koji imaju neku metalnu šasiju, masa je ta šasija. Na štampanoj ploči, masa se prepoznaje po tome što je to upadljivo najveća (najduža, najšira) bakarna linija. Za masu se uvek vezuje jedan kraj baterije (ili ispravljača) iz koje se uređaj napaja energijom. Najčešće, ne uvek, to je negativan kraj baterije.



Sl. 10.1. l - taster prekidač, m - taster prekidač sa mirnim i radnim položajem, n - grecov usmerač, o - rele, p - predajna antena, q - prijemna antena, r - uzemljenje, s - masa uređaja, t - oklopljeni kabl, u - početak ili kraj provodnika, v, w - provodnici koji se ukrštaju bez spoja, x,y - spoj dva provodnika, z - logička kola

Oklopljeni kablovi, slika 10.1t, se koriste u slučajevima kada se izvor signala koji se pojačava nalazi daleko od ulaza u pojačavač. Tipičan primer je mikrofonski kabl preko koga se električni signal iz mikrofona vodi na pojačavač. Kada bi se, umesto oklopljenog kabla, koristile dve bakarne žice, u njima bi se, kao i u svakoj prijemnoj anteni, indukovali razni naponi koji potiču od električnih polja mreže od 220 V, raznih izvora smetnji (automobili, liftovi, razni kućni aparati i sl.), pa bi se u zvučniku čule vrlo snažne smetnje u obliku brujanja, krčanja, pucketanja i sl. Spoljna obloga oklopljenog kabla je u obliku mreže oko unutrašnjeg provodnika. Ona se vezuje na masu uređaja, pa smetnje koje se u njoj indukuju, kako se to popularno kaže, odlaze na masu. U unutrašnjem provodniku nema smetnji, jer je on u Faradejevom kavezu koji obrazuje spoljni provodnik

Na slici 10.1u je početak ili kraj nekog električnog provodnika. Dva načina prikazivanja električnih provodnika koji se ukrštaju bez spoja data su na slikama 10.1v i 10.1w, a dva provodnika između kojih postoji električni spoj na slikama 10.1x i 10.1y.

Simboli kojima se na električnim šemama prikazuju logička odnosno digitalna kola su prikazani na slici 10.1z. Treba imati u vidu da se osnovna logička kola (I, ILI . . . Invertor), ne proizvode kao posebne komponente. Uvek se više njih integriše u jedno kolo (vidi sliku 7.4a), ali se na električnim šemama ona ipak prikazuju odvojeno, jer su tada šeme razumljivije. Naravno, za rad ovih kola je neophodan jednosmerni napon, i to se podrazumeva, ako na šemi nije prikazano. Tako na primer, četiri NI kola sa slike 7.4a mogu da budu nacrtana na nekoj električnoj šemi kao četiri posebne komponente, ali brojevi na njihovim ulazima i izlazima upućuju na to da su ona smeštena u zajedničko kućište. Napajanje za sva četiri kola se dovodi između nožica 14 (pozitivan kraj) i 7 (negativan kraj).

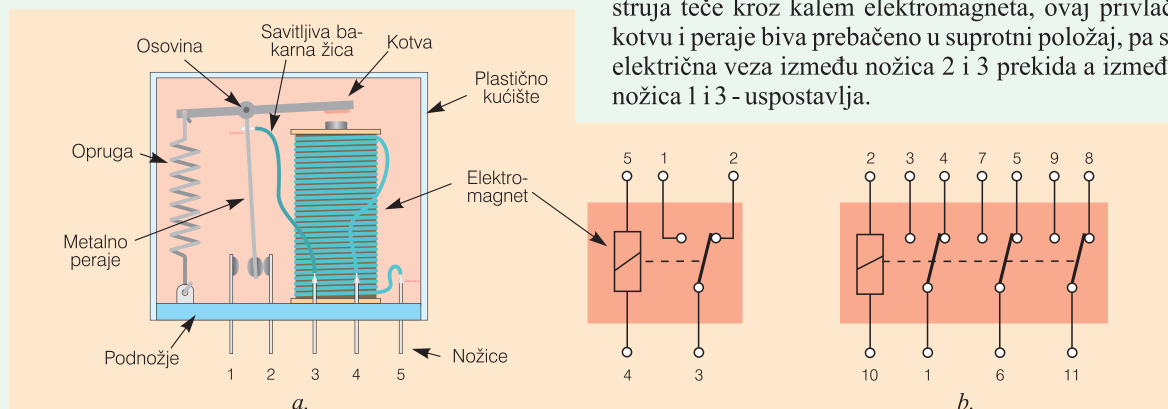
10.1. Rele

Rele je elektromehanička komponenta koja je naročito pogodna za upotrebu u slučajevima kada se na neki elektronski uređaj sa tranzistorima i integrisanim kolima priključuje i neki uređaj koji se napaja iz gradske električne mreže. Dobra strana relea u ovom slučaju je što on obezbeđuje sigurno razdvajanje napona mreže od elektronskih komponenata za koje je mrežni napon od 220 V smrtonosan.

Jednostavno rečeno, rele je mehanički prekidač koji se zatvara i otvara pomoću elektromagneta.

Postoje i znatno složenija relea kod kojih elektromagnet aktivira više prekidača. Kao primer, na slici 10.2b je prikazan simbol relea sa tri para kontakta.

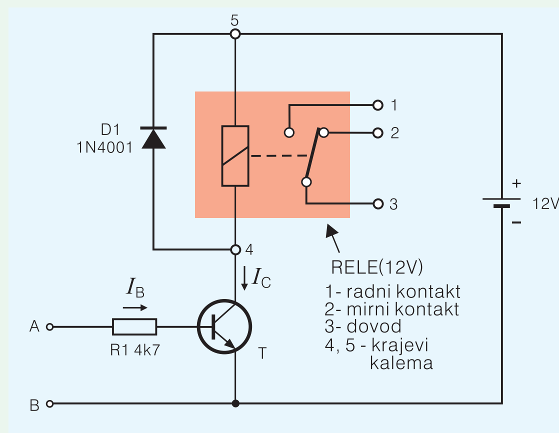
U elektronskim uređajima, rele se obično priključuje kao kolektorsko opterećenje tranzistora, kao što je prikazano na slici 10.3. Kada je napon na ulazu (napon između tačaka A i B) dovoljno veliki, tako da je napon na bazi (između nje i mase, odnosno nje i emitera, jer je i ovaj na masi) veći od 0,7V, teče struja baze I_B, a od kolektora ka emiteru struja kolektora I_C. Ova struja teče kroz kalem elektromagneta, ovaj privlači kotvu i peraje biva prebačeno u suprotni položaj, pa se električna veza između nožica 2 i 3 prekida a između nožica 1 i 3 - uspostavlja.

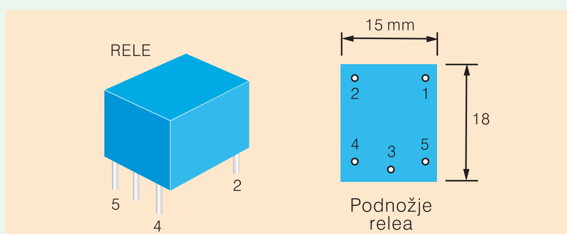


Sl. 10.2. a - konstrukcija i simbol relea sa jednim mirnim i jednim radnim kontaktom, b - simbol relea sa tri para kontakta

Crtež jednog relea je prikazan na slici 10.2. Elektromagnet je kalem od žice namotane na gvozdenom jezgru. Iznad kalema je kotva od plastike za koju je pričvršćen komad gvožđa koji biva privučen kada kroz kalem protiče struja. Za kotvu je pričvršćeno i elastično metalno peraje na čijem se kraju nalaze dva mala zaobljena valjka od platine. Ista takva dva valjka nalaze se i na na krajevima nožica 1 i 2. Kada se između nožica 4 i 5 dovede odgovarajući napon, kroz namotaj teče struja, kotva biva privučena i peraje se pomeri u levo. Usled toga se električna veza između nožica 3 i 2 prekida, a uspostavlja se veza između 3 i 1. Kada se napon između nožica 4 i 5 isključi, elektromagnet više ne deluje i opruga vraća kotvu i peraje u položaj kao na slici. Nožica 1 se naziva radni kontakt, 2 - mirni kontakt i 3 - dovodni kontakt.

Rele sa slike 10.2a je najjednostavnije rele.





Sl. 10.3. Rele kao kolektorsko opterećenje tranzistora

U donjem delu slike 10.2 su prikazani oblik i podnožje sa rasporedom nožica jednog relea.

Rele je elektromehanička komponenta sa pokretnim delovima tako da ima ograničen vek trajanja, i ne može da se koristi za vrlo brza uključivanja i isključivanja. Na primer, ne bi bilo dobro da se rele korisiti u nekom lajt-šou uređaju za vrlo česta (više stotina puta tokom jednog sata) paljenja i gašenja sijalica. Svako otvaranje i zatvaranje kontakta relea praćeno je sitnim varničenjima koja bi, u navedenom primeru, dramatično smanjila vek trajanja relea.

Pri izboru relea treba voditi računa o dva podatka: 1. o kalemu elektromagneta i 2. o kontaktima relea preko kojih se priključuje potrošač, koji se uključuje i isključuje pomoću relea.

1.Podaci o kalemu su veličina napona koji se na njega dovodi i njegova otpornost. Tipične vrednosti napona su 3V, 5V, 6V, 12V i 24V. To su jednosmerni naponi, ali postoje i relea za naizmenični napon od 220V/250V. Od veličine otpornosti kalema zavisi kolika će struja teći kroz njega, pa je bolje da kalem ima veću otpornost. Otpornost kalema je naznačena na kućištu a, ako nije, može da se izmeri. Struja kroz kalem se izračunava deljenjem napona i otpornosti kalema. Na primer, rele koje smo mi koristili je bilo za napon 12V a otpornost kalema je bila 300 oma, pa je struja kroz kalem bila:

$$I=U/R=12/300=40\text{mA}.$$

2. Podatak o naponu koji sme da se dovede na kontakte relea, koji je takođe naznačen na kućištu, je maksimalna veličina koja ne sme da bude prekoračena da ne bi došlo do intezivnog varničenja između kontakata, što bi prouzrokovalo trajno oštećenje. U svim uređajima u kojima se pomoću relea uključuju i isključuju uređaji koji se napajaju iz kućne električne instalacije, napon kontakta upotrebljenog relea treba da je 250V. Treba obratiti pažnju da se u ovakvim slučajevima ne koriste relea sa naponom kontakta od 120V koji su namenjeni američkom tržištu.

Maksimalna struja koju mogu da izdrže kontakti je takođe naznačena na kućištu relea. Ona je obično veća od 1A, a često je veća i od 10A.

Maksimalna snaga električnog uređaja koji može da se uključuje i isključuje pomoću relea se dobija množenjem maksimalne struje i napona koji može da se dovede na kontakte. Ako je, na primer, maksimalna dozvoljena struja 8 A a napon 220 V, najveća dozvoljena snaga potrošača je : $P=I\cdot U=8\cdot 220=1760$ W.

Pri izboru tranzistora na slici 10.3 treba voditi računa da maksimalni dozvoljeni napon između kolektora i emitera bude bar dva puta veći od napona baterije (veći od 24V, u našem primeru) i da maksimalna dozvoljena kolektorska struja bude veća od struje kroz kalem relea (veća od 40 mA, u našem primeru).

10.2. Praktična primena ostalih komponenata

Savremene telekomunikacije su rođene 24. maja 1844. godine, kada je Semjuel Morz ostvario prenos telegrafskih signala između Vašingtona i Baltimora. Taj prenos je ostvaren preko žičnog voda. Pola veka kasnije ostvaren je bežični, radio prenos. Ubrzo zatim počeo je i prenos zvuka, nešto kasnije i slike itd. Od samog početka, u praktičnu primenu radija su se uključili i radio-amateri. Naravno, u početku oni su svoje veze ostvarivali telegrafijom, kasnije fonijom itd., sve do veza preko satelita. Ali, mada je telegrafija najprimitivniji način telekomuniciranja, ona i dan-danas ima svoje privrženike.

Pri radu telegrafijom, amateri koriste razne skraćenice koje prenos čine bržim i komfornijim, kao što su OK - sve u redu, TNX - hvala, QRS - usporite tempo telegrafisanja itd. Jedna od kratica je i QRP koja znači "Smanjite snagu", ali se koristi i kao oznaka za CW predajnike veoma male snage.

Na slici 10.4 je prikazana električna šema jednog interesantnog QRP predajnika, snage samo 0,5 W, realizovanog pomoću integrisanog kola 74HC240. Prema radioamaterskom Svetom pismu, koje se zove *The ARRL Handbook*, izdanje 1998. g., američki amater *Lew Smith, N7KSB*, je pomoću ovog predajnika i jednostavne antene ostvario veze sa kolegama iz više od trideset zemalja na svim kontinentima.

U čipu 74HC240 se nalazi osam invertujućih pojačavača koji se u digitalnoj elektronici koriste kao baferi (razdvojni stepeni). Na slici 10.4, jedan od bafera, onaj čiji je ulaz na nožici 11, a izlaz na nožici 9, zajedno sa komponentama koje su sa njim povezane, obrazuje oscilator. Učestanost ovog oscilatora mora da bude vrlo stabilna, tj. ona ne sme da se menja pri promeni temperature, napona napajanja itd. To je ostvareno pomoću kristala kvarca, koji je označen sa Q.

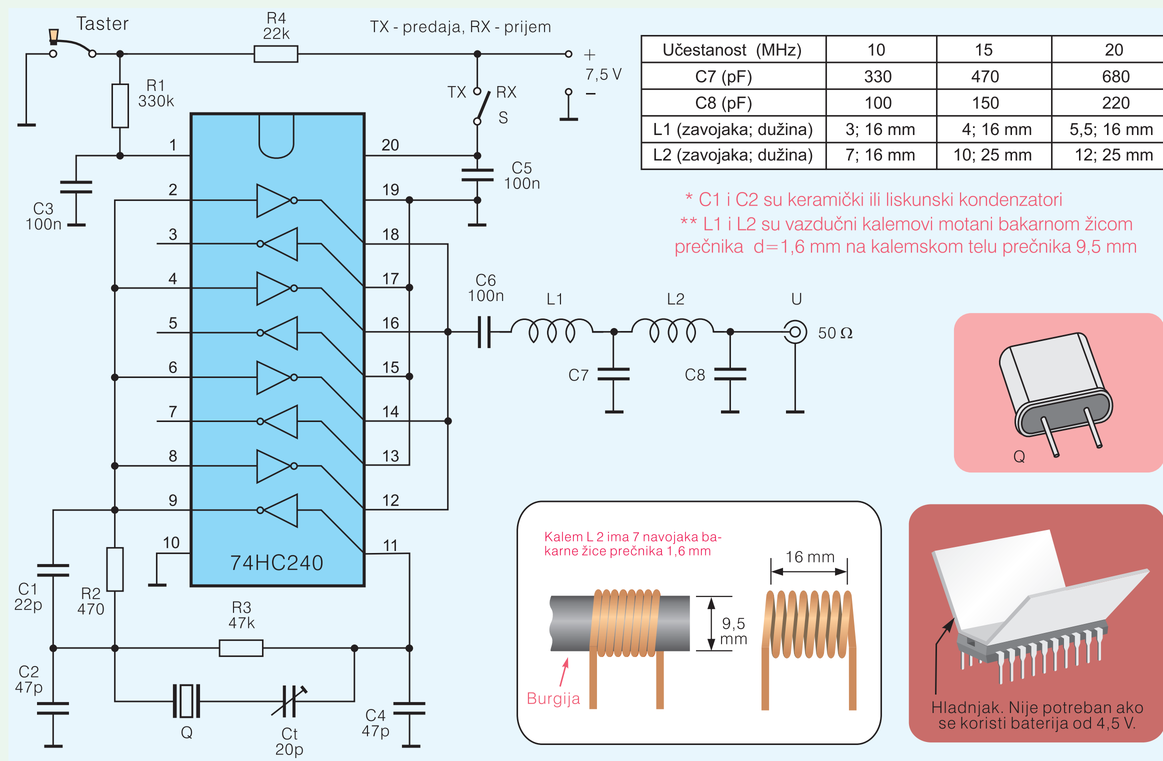
Signal iz oscilatora se pojačava pomoću pojačavača koji sačinjavaju četiri bafera vezana u paralelu. To su baferi čiji su ulazi na nožicama 2, 4, 6 i 8. Baferi čiji su izlazi na nožicama 3, 5 i 7 se ne koriste, pa su njihovi ulazi vezani na masu a izlazi im "vise" (ne priključuju se nigde). Pojačani VF signal se, sa izlaza pojačavača (nožice 12, 14, 16 i 18) vodi, preko filtra koji čine kalemovi L1 i L2 i kondenzatori C7 i C8, na utičnicu U. Pomoću ovog filtra se vrši potiskvanje viših harmonika VF signala, koji bi mogli da veoma ometaju rad drugih radio-sistema. Kod ovog predajnika, ovo potiskivanje je od izuzetne važnosti jer oscilator stvara četvrtasti napon, koji je veoma bogat harmonicima. U utičnicu U se priključuje utikač sa koaksijalnim kablom impedanse 50 Ω, preko koga se VF signal vodi u emisionu antenu.

* Predajnik se napaja iz ispravljača napona 8 V. Veći napon ne sme da se koristi, jer bi došlo do pregrevanja i oštećenja integrisanog kola.

* Kolo se prilično greje, pa je neophodan hladnjak. On se, prema slici u donjem desnom delu slike 10.4, pravi od aluminijumskog lima, debljine oko 1mm, koji se, pomoću epoksidnog lepka, lepi na kolo.

* Podaci o kalemovima su dati u tabeli u desnom gornjem uglu slike. Oni se motaju bakarnom žicom izolovanom lakom, prečnika oko 1,6 mm. Kao što je to u uokvirenom delu prikazano za kalem L1, prvo se na burgiji prečnika 9,5 mm, kalem namota, sa zavojcima jedan do drugog. Zatim se kalem skine sa burgije i razvuče, tako da mu je ukupna dužina kao što je navedeno u tabeli, u gornjem desnom uglu.

* Oscilator radi kada je nožica 1 spojena sa masom, što se ostvaruje pritiskom na taster. Otpornik R1 i kon-



Učestanost (MHz)	10	15	20
C7 (pF)	330	470	680
C8 (pF)	100	150	220
L1 (zavojaka; dužina)	3; 16 mm	4; 16 mm	5,5; 16 mm
L2 (zavojaka; dužina)	7; 16 mm	10; 25 mm	12; 25 mm

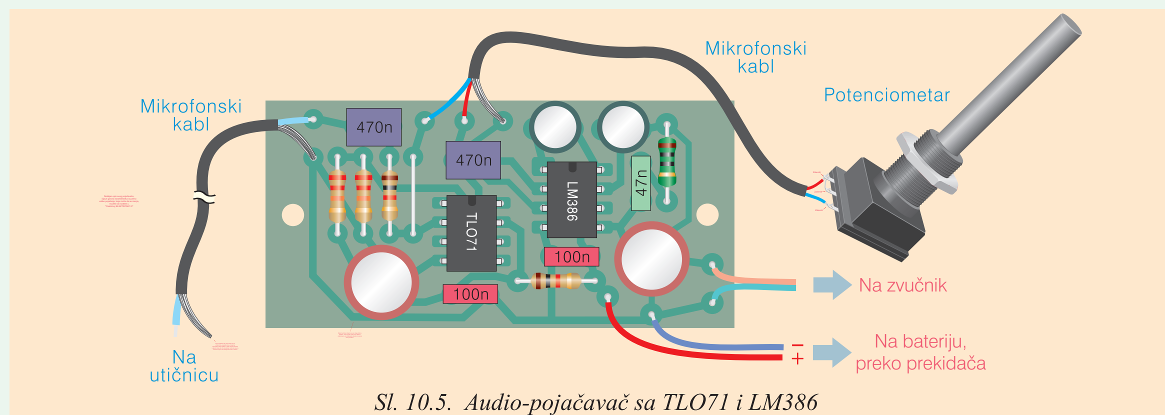
Slika 10.4. QRP CW predajnik sa logičkim kolom 74HC240

denzator C3 obrazuju filter propusnik niskih učestanosti. Pomoću njega se otklanjaju tzv. kliks-evi, koji se javljaju kada se kontakti tastera spajaju ili razdvajaju.

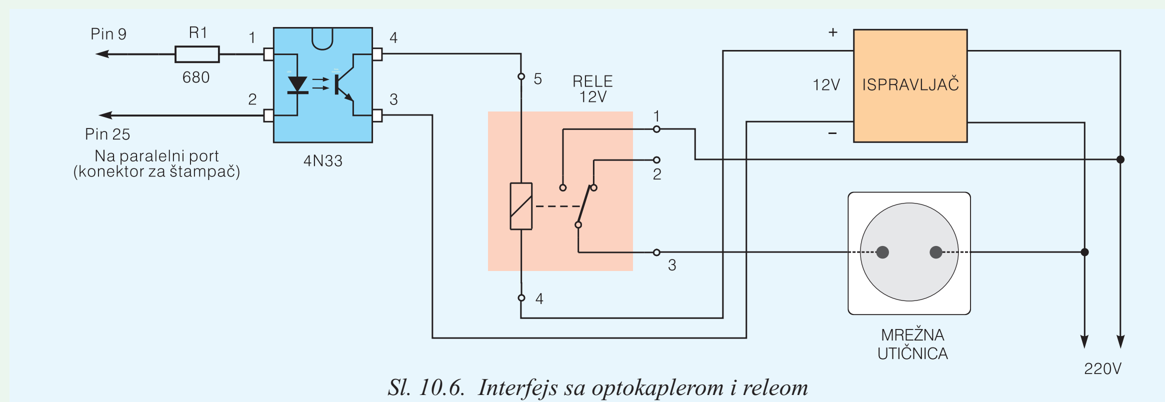
* Q je kvarcni kristal čija je osnovna rezonantna učestanost jednaka učestanosti predajnika (30 MHz, 20 MHz ili 15 MHz). Fino podešavanje učestanosti, tako da predajnik "upadne" u neki amterski opseg (28 MHz, 21 MHz i 14 MHz) vrši se pomoću trimer kondenzatora Ct.

Najpoznatija oklopljeni kabl je koaksijalni kabl kojim se signali iz TV antena dovode u TV prjemnik. Njegova najvažnija karakteristika je tzv. karakteristična impedansa koja iznosi 75 Ω. Na slici 10.5 je primer praktične primene običnog oklopljenog kabla. Monofonski NF signal koji se pojačava se na štampanu pločicu dovodi preko jednostrukog mikrofonskog kabla. Spoljni provodnik, koji je u obliku mreže isple-tene oko unutrašnjeg provodnika, se vezuje na masu, a unutrašnji na ulaz pojačavača. Na isti način, pomoću kabla sa dva unutrašnja provodnika, je i potenciometar za regulaciju jačine povezan sa pločicom.

Poslednji primer je interfejs u kome se koristi rele (slika 10.6), kojim se ostvaruje upravljanje pomoću kompjutera radom električnog uređaja priključenog na mrežnu utičnicu. (Videti tekst u vezi sa slikama 9.7 i 9.8)



Sl. 10.5. Audio-pojačavač sa TLO71 i LM386



Sl. 10.6. Interfejs sa optokaplerom i releom

11. PROVERA ISPRAVNOSTI KOMPONENATA

Napravili ste neki elektronski uređaj, sve je, po vašem mišljenju, u redu, a uređaj ne radi kako treba, ili čak ne daje nikakve znake života. Prvo proverite da li je, možda, u pitanju neka "mehanička" greška, kao što su prekinuta žica, prekinuta štampana veza, spoj između susednih linija na štampanom kolu, loš kontakt baterije u kućištu, polomljena nožica neke komponente, hladan spoj, itd. Ako je sve u redu, uporedite vrednosti ugrađenih komponenata i njihove međusobne veze sa vrednostima komponenata i njihovim vezama na električnoj šemi, možda se tu potkrala neka greška. Ako je i sada sve u redu, moraćete da proverite ispravnost ugrađenih komponenata i da pronađete onu koja nije ispravna i zamenite je. Pronalaženje neispravne komponente se počinje merenjem jednosmernih napona u pojedinim tačkama kola i upoređivanjem ovih vrednosti sa vrednostima na električnoj šemi. Na osnovu razlika, uz razumevanje principa rada dotičnog uređaja, pronalazi se "sumnjiva" komponenta.

Ako je sumnjivih komponenata više, a to je najčešći slučaj kod složenijih uređaja, prvo treba proveriti tranzistore i diode, zatim elektrolitske kondenzatore, pa otpornike i blok- kondenzatore, itd.

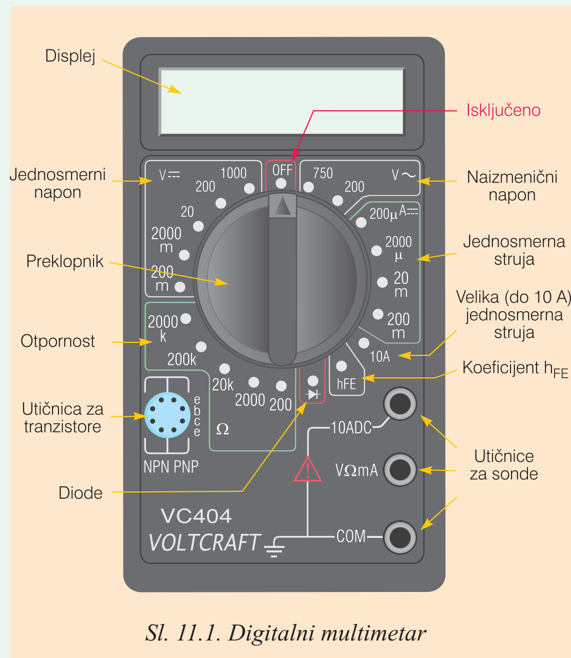
Najsigurnije je ako se komponenta koja se proverava izvadi iz kola. Ako se provera vrši na ugrađenoj komponenti, može da se pogreši, jer i ostale komponente, povezane sa komponentom koju ispitujete, utiču na pokazivanje instrumenta, pa merenje može da bude vrlo netačno.

Najbrži i najjednostavniji način provere ispravnosti komponenata je pomoću instrumenta za merenje otpornosti, OM-metra. On se vrlo retko proizvodi kao poseban instrument, već se skoro uvek kombinuje sa ampermetrom i voltmetrom u instrument pod nazivom AVO-metar, ili univerzalni instrument, odnosno multimetar i sl. (Ako ne posedujete takav instrument, imajte u vidu da skoro sva proveravanja o kojima će biti reci u ovom poglavlju, mogu da se obave i pomoću vrlo jednostavnog instrumenta koji možete sami da napravite prema uputstvima datim u poglavlju "Ispitivač provodnosti", koje se nalazi u glavi broj 12).

Postoje dve vrste univerzalnih istrumenata koji mogu da se koriste pri proveri ispravnosti komponenata: *analogni* i *digitalni*. I jednih i drugih, naročito drugih, ima na tržištu u velikom asortimanu, po cenama od desetak evra pa do nekoliko stotina evra. Skuplji su kvalitetniji i sa više mogućnosti, ali "U rukama Mandušića Vuka . . ."

Na slici 11.1 je crtež digitalnog multimetra firme VOLTKRAFT. Njega u skoro istom obliku, masovno

proizvode i Kinezi a cena mu je "samo što nije džabe". I pored toga, to su sasvim dobri instrumenti, vrlo pogodni za početnike, kojima je to prvi instrument u životu. (Autor ove knjige ima mnogo prijatelja ljubitelja elektronike i ni jedan od njih ne može da se pohvali da nije "spalio" svoj prvi instrument). Zbog toga će, u tekstu koji sledi, biti opisana samo upotreba digitalnog instrumenta, koji je prikazan na slici 11.1.



Sl. 11.1. Digitalni multimetar

Pri kupovini, uz instrument se dobijaju i dve sonde: crvena i crna , koje su na slikama obeležene sa "Sonda A" i "Sonda B", respektivno. Crna sonda se priključuje u utičnicu (buksnu) obeleženu sa COM, a crvena u utičnicu obeleženu sa VΩmA. Izuzetak je merenje jednosmernih struja koje su veće od 200 mA. Tada se sonda A premešta u utičnicu obeleženu sa 10ADC.

Provera ispravnosti komponenata pomoću digitalnog multimetra obavlja se na sledeći način.

Otpornici.

Provera ispravnosti otpornika se svodi na merenje njhove otpornosti, koja treba da bude u granicama definisanim veličinom tolerancije. Na primer, ako je na otporniku označeno da mu je otpornost 1 kΩ, a njegova tolerancija je 5 %, otpornik je ispravan ako multimetar pokaže da mu je otpornost neka vrednost u granicama od 950 Ω do 1050 Ω.

Otpornosti se mere u opsezima od nule do 200Ω, 2000Ω, 20kΩ, 200kΩ i 2000kΩ, koji se na slici 11.1 . nalaze u polju označenom sa "Otpornost". Merenje se obavlja tako što se preklopnik prebaci u neki od opsega, a nožice otpornika dodirnu vrhovima sondi, kao na slici 11.2. Da bi merenje bilo tačno, treba izabrati najpovoljniji opseg. Za otpornike čija je otpornost manja od 200 Ω to je opseg 200, za otpornike čija je otpornost između 200 Ω i 2 kΩ to je opseg 2000, za otpornike čija je otpornost veća od 2kΩ a manja od 20kΩ to je opseg 20k itd. Ako se koristi opseg koji je manji od najpovoljnijeg na displeju instrumenta se dobija nešto besmisleno, a ako se koristi veći opseg dobija se broj sa manje decimala. (Ako je opseg mnogo veći dobija se 0,00).

Do sada opisana merenja otpornosti se odnose na otpornike koji nisu ugrađeni u neki uređaj. Kada se meri otpornost ugrađenih otpornik, treba imati na umu tri stvari. Prva je:

Ako merite pri uključenom napajanju, postoji opasnost da instrument bude uništen.



Ako se komponenta koju proveravate nalazi u nekom elektronskom uređaju, obavezno isključite napajanje i sačekajte neko vreme da se svi kondenzatori isprazne. Ako u kolu postoje elektrolitski kondenzatori vrlo velike kapacitivnosti, koji bi se dugo praznili, ispraznite ih pomoću otpornika od nekoliko stotina oma.

Druga stvar je da su paralelno otporniku čiju otpornost merite vezane i ostale komponente kola, tako da je dobijena veličina otpornosti manja od stvarne.

Treće. Pri merenju otpornosti otpornika obično se jedna nožica otpornika i vrh sonde stegnu jedna uz drugu palcem i kažiprstom jedne ruke, a druga nožica i drugi vrh palcem i kažiprstom druge ruke. To nema uticaja na tačnost merenja ako je otpornost otpornika manja od oko 50k Ω. Ali pri većim otpornostima javlja se greška, jer instrument pokazuje otpornost paralelno vezanih otpornosti otpornika i otpornosti ljudskog tela između jednog i drugog para prstiju. Zato pri merenju većih otpornosti, palcem i kažiprstom leve ruke držite spojene jednu nožicu otpornika i vrh sonde, a vrh druge sonde samo naslonite na drugi kraj otpornika.

Uverite se da je ovo što ste upravo pročitali tačno, izmerite otpornost vašeg tela. Stavite preklopnik na najveći opseg pri merenju otpornosti. Na slici 111.1 to je 2000k (2MΩ). Stisnite prstima vrhove sondi i na displeju će se pojaviti veličina otpornosti. Ako na njemu piše 0,53, otpornost je 0,53 MΩ, odnosno 530 kΩ. Ako sa ovom vrednošću otpornosti tela merite otpornost otpornika čija je otpornost 810 kΩ, i pri tome oba kraj otpornika i sondi držite prstima, instrument će da pokaže otpornost od 320 kΩ.

Igrajte se malo, to je nauka. (Ne kaže se tek tako da su svi pravi naučnici velika deca. Pogledajte samo Ajnštajna). Izmerite otpornost između leve i desne noge, između ruku ili nogu nekog od ukućana kad je budan i dok spava, otpornost zemlje u saksiji sa cvećem kad je zaliveno i kad nije zaliveno, između dva dela neke biljke noću i danju itd. itd. Pošto ste izmerili svoju otpornost, ovlažite malo vrhove prstiju pa ponovo stisnite vrhove sondi, otpornost je manja, jer se smanjila otpornost kože.

Ovo smanjenje otpornosti omogućuje da od instrumenta naparavite detektor laži. Potrebna su vam dva komada neke metalne cevi prečnika par centimetara i dužine desetak centimetara, koje ćete sa dva komada žice da spojite sa vrhovima sondi. Osumnjičeni čvrsto drži te dve cevi, a instrument pokazuje



Sl. 11.2. Merenje otpornosti otpornika

neku otpornost. Kad osumnjičeni, dok odgovara na nezgodna i pitanja "inspektora policije" koji ga ispituje, počne da laže, njegove ruke počinju da se znoje više nego obično, otpronost kože se smanjuje i instrument to pokazuje.

Potenciometri i trimer potenciometri se proveravaju na isti način kao i otpornici, merenjem otpornosti između krajeva, kao i otpornosti između klizača i oba kraja.

Isto kao i obični otpornici, proveravaju se i nelinearni otpornici. Recimo, LDR otpornik se proverava tako što se vrhovima sondi dodirnu njegove nožice i, kada na njega pada svetlost, otpornost je mala. Zaklonite rukom svetlost i otpornost treba da je vrlo velika.

Kondenzatori

Kada se vrhovima sondi dodirnu nožice kondenzatora, na isti način kao što se meri otpornost otpornika na slici 11.2, instrument treba da pokaže beskonačno veliku otpornost, na njegovom displeju treba da bude ista slika kao i kada između vrhova sondi nije ništa priključeno.

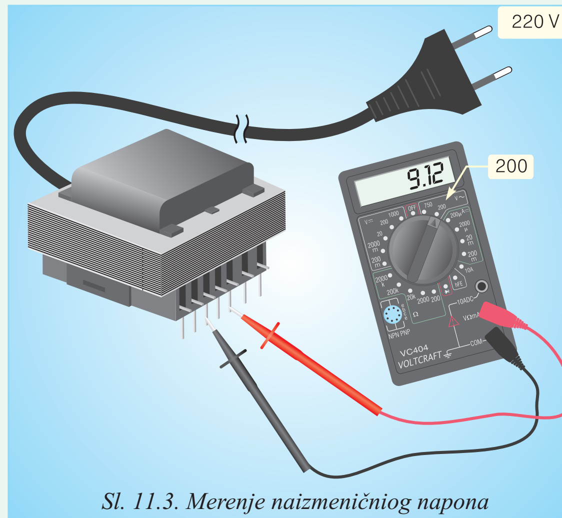
Kalemovi

Kada se vrhovima sondi dodirnu krajevi kalema instrument treba da pokaže vrlo malu otpornost, od nekoliko oma do nekoliko desetina oma, što zavisi od dužine i prečnika žice kojom je kalem namotan. Instrument tada pokazuje otpornost žice, NE reaktansu kalema.

Transformatori

Transformator se sastoji od dva kalema, primarnog i sekundarnog, pa ga tako treba i proveravati. Primar mrežnih transformatora najčešće ima znatno više zavojaka od sekundara, a mota se tanjom žicom, pa mu je otpornost znatno, čak i više stotina puta, veća od otpornosti sekundara.

Mnogo pouzdanija provera ispravnosti transformatora je prikazana na slici 11.3. Primar se priključi na mrežni napon i meri napon na sekundaru. Ako je on jednak, ili nešto mali veći, od deklarisane vrednosti, trafo je OK.



Sl. 11.3. Merenje naizmeničniog napona

* Pri ovom merenju, preklopnik je u položaju za merenje naizmeničnih napona. Instrument pokazuje efektivnu vrednost napona pa, pošto je ona na sekundaru manja od 200 V, izabran je opseg 200. Ako biste na istoj slici hteli da proverite koliki ja napon na primaru, treba da pređete na opseg 750.

* Pri ovom merenju treba biti veoma obazriv jer je mrežni napon od 220 V opasan po život.

Merenjem otpornosti pomoću multimetra moguće je proveravati ispravnost i mnogih drugih komponenata. To su osigurači, sijalice sa vlaknom, prekidači, preklopnici, relea itd. Dodirnite vrhovima sondi nožice prekidača pa prebacujte ručice iz jednog u drugi položaj. U jednom položaju otpornost treba da je beskonačno velika, a u drugom nekoliko oma. Ovih nekoliko oma su otpornost žice od kojih je napravljena sonda i oni se pojavljuju na displeju samo na opsezima 200 i 2000.

Diode.

Preklopnik se, prema slici 11.4, stavi u položaj u kome je nacrtan simbol diode, a vrhovima sondi se dodirnu nožice diode.

Kada je anoda katode spojena sa sondom A a katoda sa sondom B, na displeju se pojavljuje broj koji predstavlja napon praga provođenja diode, izražen u milivoltima. Kod germanijumskih dioda ovaj napon je par stotina milivolta (recimo 300 mV), a kod silicijumskih više stotina milivolti (recimo 600 mV).

Kada se dioda okrene, tako da sonda A dodiruje katodu a sonda B anodu, na displeju se pojavljuje nešto besmisleno.

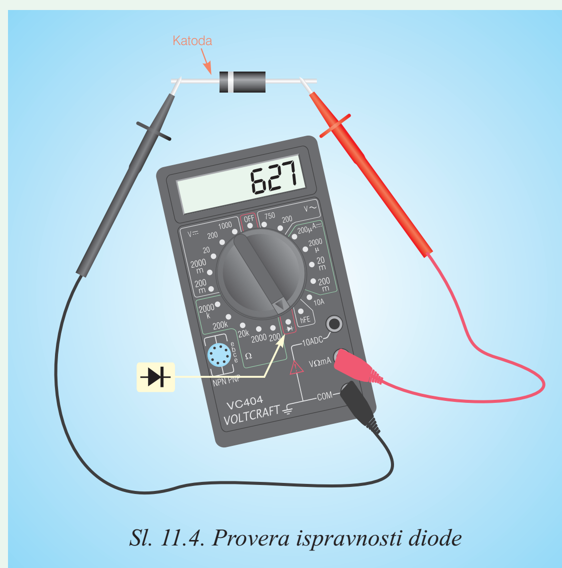
Ako su pokazivanja na displeju onakva kao što je opisano - dioda je ispravna. Ako su pokazivanja pri oba merenja ista (bez obzira kakva su) - dioda je neispravna.

Kada su na instrumentu, pored simbola za diodu, nacrtana i tri mala polukruga (tako je kod svih savremenijih digitalnih instrumenata), to znači da instrument može da se koristi kao ispitivač provodnosti (*Continuity Tester*). Kad se vrhovima sondi dodirnu dve tačke koje su u električnom spoju, a otpornost za jednosmernu struju između njih je manja od približno 70 Ω, iz instrumenta se čuje pištanje. To omogućuje proveru ispravnosti sekundarnih namotaja mrežnih transformatora, pronalaženje odgovarajućih nožica na višepolnim prekidačima, proveru ispravnosti kalemova i sl.

Ako se pištanje čuje pri proveri diode - ona je neispravna.

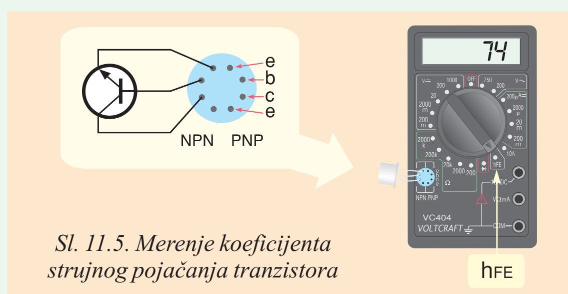
Tranzistori.

Provera ispravnosti bipolarnih tranzistora se vrši merenjem njihovog koeficijenta pojačanja za jednosmernu struju h_{FE}. Preklopnik se postavi u položaj obeležen sa hFE, kao na slici 11.5, a nožice tranzistora ubodu u odgovarajuće rupice, vodeći računa o tome da li je tranzistor NPN ili PNP tipa. Podatak o veličini h_{FE} se uzima iz kataloga proizvođača tranzistora. Kod tranzistora malih snaga (BC107, BC547 i sl,) h_{FE} je u granicama od stotinak do nekoliko stotina, dok je kod snažnih tranzistora (2N3055 i sl.) znatno manji, par desetina.



Sl. 11.4. Provera ispravnosti diode

Dakle, kao što je prikazano na slici 11.5, tranzistor se, vodeći računa da li je NPN ili PNP tipa, utakne u podnožje na instrumentu, a preklopnik na instru-



Sl. 11.5. Merenje koeficijenta strujnog pojačanja tranzistora

mentu postavi u položaj obeležen sa hFE. Ako je tranzistor ispravan, na ekranu instrumenta se pojavljuje neki broj koji predstavlja koeficijent strujnog pojačanja tranzistora. Na primer, ako testirate tranzistor BC140, i na ekranu se pojavi broj 74, to znači da je njegova jednosmerna kolektorska struja 74 puta veća od struje baze, $I_C/I_B = h_{FE} = 74$.

* U utičnicu mogu da se utaknu žice prečnika do 1 mm, tako da se tranzistori malih i srednjih snaga lako priključuju. Kada se ispituju tranzistori velikih snaga u kućištima TO3 i sličnim, kao i tranzistori čije nožice nisu u obliku žica, na njihove nožice treba zalemiti ili čvrsto namotati krajeve komada žice čiji je prečnik oko 0,8 mm, koje se utaknu u rupice na utičnici.)

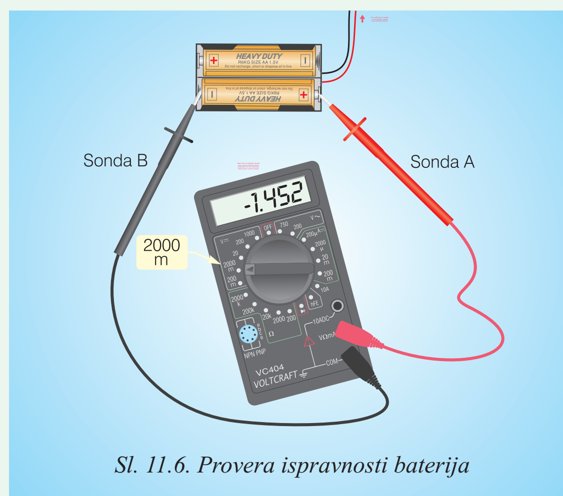
* Ovo merenje se obavlja sa strujom baze $I_B = 10\mu A$ i naponom $U_{CE} = 3$ V, pa dobijena veličina h_{FE} važi samo ako tranzistor u kolu u kome se koristi radi pod istim uslovima. Pri drugim vrednostima I_B i U_{CE} i h_{FE} ima drugu vrednost. Ipak, izmerena vrednost je dobar i koristan podatak.

Baterije

Provera ispravnosti baterija se vrši merenjem napona, kao što je prikazano na slici 11.6. To znači da baterija mora biti na svome mestu u uređaju, a uređaj uključen tako da kroz bateriju teče struja, koja teče i pri normalnom radu uređaja.

Ako uređaj nije uključen, tako da nema struje, multimetar ne pokazuje radni napon baterije već njenu elektromotornu silu (e.m.s.), koja je uvek veća od napona, a naročito je veća ako je baterija već prilično ispražnjena.

Baterija je još uvek dobra ako smanjenje napona nije veće od oko dvadeset procenata nominalne vrednosti. To u slučaju baterije od 1,5 V znači da je dobra ako je napon veći od 1,2 V.



Sl. 11.6. Provera ispravnosti baterija

12. ISPITIVAČ PROVODNOSTI

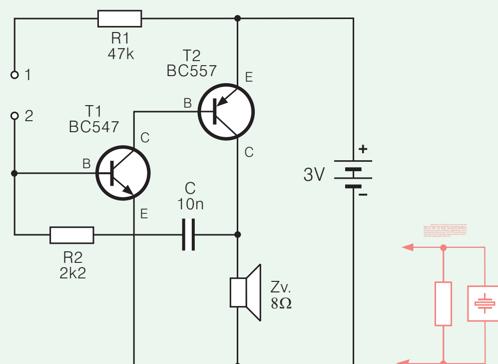
Ispitivač provodnosti je veoma jednostavan, ali vrlo koristan instrument pomoću koga može da se, na sasvim jednostavan način, proverava ispravnost dioda, tranzistora, kalemova, transformatora, zvučnika i slušalica, kondenzatora, prekidača, preklopnika, različitih provodnika i mnogih drugih komponenata elektronskih uređaja, i to znatno brže nego pomoću nekog instrumenta.

Električna šema ispitivača provodnosti je data na slici 12.1. To je relaksacioni audio oscilator. Kada se, pomoću komada bakarne žice, spoje tačke 1 i 2, kroz tranzistore teče promenljiva struja u obliku povorke impulsa. Naime, odmah po spajanju tačaka 2 i 2, struja kroz oba tranzistora naglo poraste do određene maksimalne vrednosti, pa se zatim smanji na nulu. Izvesno vreme struje nema, da bi posle toga ponovo naglo porasla, pa opala na nulu, itd. Vreme za koje struja teče je znatno manje od vremena kada struje nema, pa se za ovakvu struju kaže da je u obliku povorke igličastih impulsa. Kolektorska struja tranzistora T2 teče kroz zvučnik i iz njega se čuje zvuk čija je osnovna učestanost oko 700 Hz.

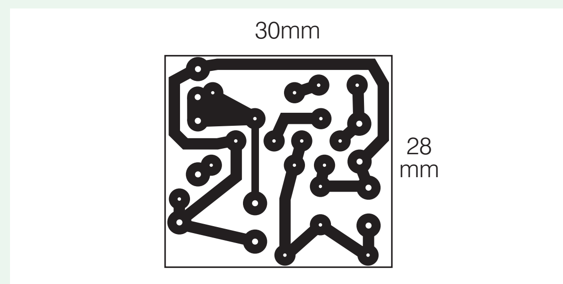
Uređaj se napaja iz baterije napona 3 V. Moguće je koristiti i bateriju čiji je napon 1,5 V ali je tad zvuk nešto manje jačine.

Struja koja teče kroz komponentu koju testiramo je manja od 32 mikroampera, što je vrlo mala vrednost, tako da testirana komponenta ne može da bude oštećena.

Izgled štampane pločice oscilatora je na slici 12.2. To je pogled na pločicu sa strane bakra, komponente su sa druge strane.



Sl. 12.1. Električna šema ispitivača provodnosti



Sl. 12.2. Crtež štampane pločice oscilatora sa slike 12.1

Štampana pločica, baterija i zvučnik smešteni su u malu kutiju, kao što je prikazano na slici 12.3.

Minijaturni zvučnik je namontiran na gornju ploču kutije, koja se za kutiju pričvršćuje pomoću dva

mala zavrtnja za drvo. Veza između zvučnika i pločice je ostvarena pomoću dve savitljive (licnaste), izolovane žice. Istim žicama su ostvarene i ostale potrebne veze.

Štampana pločica je, pomoću dva zavrtnja za drvo, pričvršćena na dva mala, četvrtasta komada drveta, zalepljena za dno kutije.

Na gornjoj ploči, na kojoj je zvučnik, su zalepljena dva mala komada sunđera koji, kada se kutija zatvori, pritisnu bateriju i ne dozvoljavaju joj da se pomera.

Na levoj strani kutije, pored prekidača, izbušena je rupa kroz koju izlaze dva provodnika od izolovane, savitljive (licnaste) žice na čijim su krajevima dve sonde. Ove sonde (popularno ih zovu i pipalice) se prave od dva stara flomastera ili hemijske olovke. U njih se uglave po jedan komad deblje, ušiljene bakarne žice za koje se zaleme krajevi savitljivih žica. Dobro je da su sonde različitih boja, tako da se lako razlikuju koja je pozitivna, to je ona spojena sa tačkom 1, a koja negativna, to je ona spojena sa tačkom 2.

Spojite vrhove sondi, ako se iz zvučnika čuje zvuk, ispitivač je spreman za upotrebu.

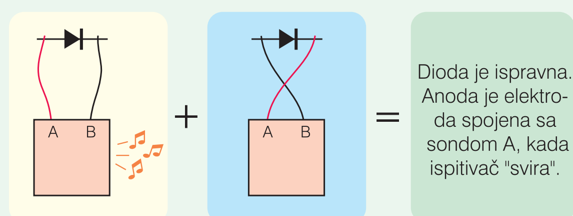
Proverite, za početak, provodnost svoga tela. Stisnite prstima leve ruke vrh jedne, a prstima desne ruke vrh druge sonde, čućete ton čija jačina i, naročito, uestanost zavise od toga koliko vam je vlažna koža na prstima i koliko čvrsto držite sonde.

Ovaj uređaj je detaljnije opisan u knjizi PE8. Vesela ELEKTRONIKA

Sl. 12.3. Ispitivač provodnosti

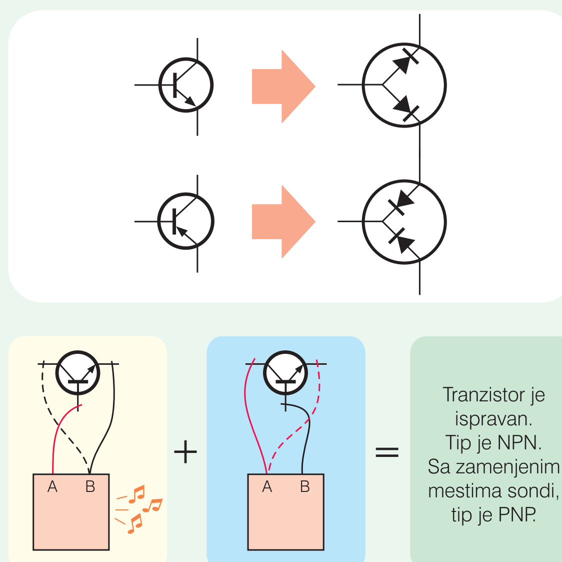
12.1. Provera ispravnosti poluprovodnika

Provera ispravnosti diode zasniva na činjenici da se dioda, čija je anoda pozitivna u odnosu na katodu, ponaša kao otpornik vrlo male otpornosti, a dioda čija je anoda negativna u odnosu na katodu, se ponaša kao otpornik vrlo velike otpornosti. Postupak testiranja je prikazan na slici 12.4.



Sl. 12.4. Provera ispravnosti diode

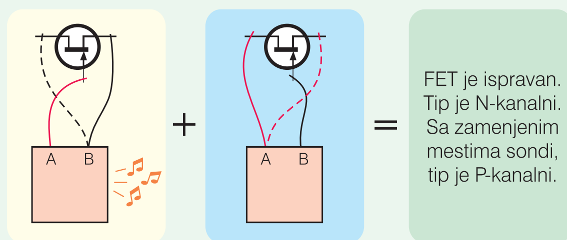
Tranzistor se za jednosmernu struju ponaša kao spoj dve diode, kao što je prikazano u gornjem delu slike 12.5. Tranzistor je ispravan ako su obe diode ispravne. Prema slici 12.5 (dole), prvo se sonda A spoji sa bazom, a sondom B se dodirne prvo emiter, a zatim kolektor. Kod ispravnog tranzistora, u oba slučaja se čuje "muzika". Zatim sonde zamene mesta i postupak se ponovi. Ako sada nema "muzike", tranzistor je ispravan. Ako u jednom od prva dva merenja nema zvuka, ili ga pri jednom od druga dva ima, tranzistor je neispravan.



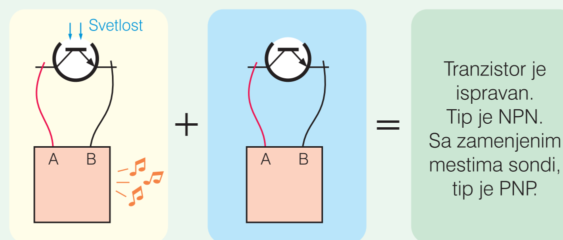
Sl. 12.5. Provera ispravnosti bipolarnog tranzistora

Provera FET-ova se vrši slično proveri bipolarnih tranzistora. Postupak je prikazan na slici 12.6.

Provera foto tranzistora, foto dioda i foto otpornika se vrši u skladu sa principom NS-NM (Nema Svetla - Nema Muzike). Sonda A se priključi na kolektor tranzistora, ili anodu diode, ili jedan kraj foto



Sl. 12.6. Provera ispravnosti FET-a



Sl. 12.7. Provera ispravnosti foto-tranzistora

otpornika, a sonda B se priključi na emiter tranzistora, ili katodu diode, ili drugi kraj foto otpornika i iz ispitivača će se čuti "svirka". Zatim se rukom zakloni svetlost koja pada na komponentu i, ako "svirka" prestane, komponenta je ispravna.

Na slici 12.7 je, kao ilustracija postupka provere ispravnosti foto komponenata, prikazana provera foto-tranzistora.

12.2. Provera ispravnosti otpornika, kalemova, kondenzatora, transformatora . . .

Ispitivačem provodnosti može da se proverava ispravnost i mnogih drugih komponenata elektronskih kola. Opšte pravilo je: kada proveravate komponente koje normalno provode jednosmernu struju, kao što su otpornici, kalemovi, transformatori, osigurači, zatvoreni prekidači, itd., "muzika" koju proizvodi ispitivač je potvrda njihove ispravnosti i obrnuto, kada proveravate komponente koji ne provode jednosmernu struju, kao što su kondenzatori, otvoreni prekidači, dve bakarne linije na štampanom kolu između kojih ne sme da postoji spoj i sl."muzika" je znak neispravnosti.

Kada se između sondi priključi otpornik, učestanost tona oscilatora je utoliko niža, ukoliko je otpornost otpornika veća. Posle izvesnog vremena provedenog u ispitivanju više otpornika čije se otpornosti znatno razlikuju, recimo 1k, 10k i 100k, stiče se iskustvo koje omogućuje da se ispitivačem grubo proceni otpornost otpornika nepoznate otpornosti. Ovo može da bude od koristi kada boja prstena na telu otpornika koja pretstavlja umnožač nije dovoljno jasno prikazana tako da niste sigurni da li je crvena ili narandžasta ili nešto slično.

Pri ispitivanju komponenata koje se sastoje od kalemova, kao što su transformatori, razni namotaji, slušalice, zvučnici i sl., odsustvo zvuka je znak da je kalem u prekidu. Kod transformatora sa više sekundarnih namotaja, ispitivačem mogu da se pronađu početak i kraj svakoga od njih, a na osnovu razlike u učestanosti zvuka, moguće je pronaći i koji je namotaj primarni, a koji je sekundarni.

Kod ispravnog kondenzatora, nema muzike. Izuzetak su elektrolitski kondenzatori, naročito oni većih kapacitivnosti. Kada se na njih priključe sonde, ispitivač prizvodi ton čija se učestanost i jačina smanjuju da bi, posle izvesnog vremena, ton potpuno nestao. Dužina vremena za koje ton nestane, zavisi od veličine kapacitivnosti kondenzatora, *duže vreme - veća kapacitivnost*, što omogućuje grubu procenu veličine kapacitivnosti.

Kod digitalnih multimetar koji imaju i mogućnost merenja kapacitivnosti, provera ispravnosti se svodi na merenje kapacitivnosti. Ako je ono što pokazuje instrument, približno jednako onome što piše na kondenzatoru - kondenzator je ispravan. Pri ovom merenju treba imati u vidu da kondenzatori imaju znatno veće tolerancije od otpornika, čak i 20%.

Promenljivi kondenzatori se ispituju tako što se na njihove krajeve, pomoću dve krokodil štipaljke, priključe sonde ispitivača provodnosti i rotor okreće. Ako se pri tome pojavi "muzika" to je znak da se ploče rotora i statora dodiruju, i kondenzator je neispravan.

Na sličan način se proveravaju i potenciometri. Sonde se prikače na nožicu klizača i na jedan kraj potenciometra. Pri pomeranju klizača menja se učestanost oscilatora. Ako u nekim položajima klizača oscilator počne da prekida da radi, potenciometar je neispravan.

Kada bi se takav potenciometar koristio u nekom audio-pojačavaču, pri njegovom okretanju u zvučniku bi se čulo snažno krčanje, ili bi dolazilo do pojave prekidanja rada.

(Potenciometar koji "krči" može da se popravi tako što se grafitni sloj isprska specijalnim sprejom, namaže uljem, istrlja grafitnom olovkom i sl., ali su ovakve popravke kratkog veka i preporučljive samo ako nije moguće nabaviti novi potenciometar.)

13. MIKROKONTROLERI

Mikroprocesor je digitalno integrisano kolo u kome se nalaze sve komponente kompjuterskog procesora (CPU-a). U njemu se obavljaju aritmetičke i logičke operacije (sabiranje, oduzimanje i poređenje dva broja) i prebacivanje brojeva iz jednog u drugi registar. Sve ove operacije se odvijaju po instrukcijama koje se nalaze u memoriji u samom mikroprocesoru, u programu koji se naziva BIOS, iz koga, kada se kompjuter uključi, mikroprocesor dobija prve instrukcije. Posle toga, upravljanje mikroprocesorom nastavljaju operativni sistem (Windows, Android, iOS ...) koji BIOS otvori i korisnički program (Word, Excel, Multisim ...), koji otvori operativni sistem.

Prvi komercijalni mikroprocesor, Intel 4004, slika 13.1, pojavio se 1971. godine. Od tada, mikroprocesori su neprekidno usavršavani, na slici 13.2 je Intelov mikroprocesor Core i7. Samo nekoliko godina kasnije na tržištu su se pojavili i prvi mikrokontroleri, koji u jednom čipu (integrisanom kolu) sadrže mikroprocesor, memoriju i programabilne ulaze i izlaze . Postoji ogroman broj različitih mikrokontrolera, od onih koji se koriste u svemirskim letilicama, avionima, robotima, veštačkim organima, mobilnim telefonima itd. sve do onih koji se koriste u dečjim igračkama.



Sl. 13.1. Intel 4004 - prvi mikroprocessor

Sl. 13.2. Intel Core i7: levo prednja strana, desno zadnja strana

Bitna razlika između mikrokontrolera i svih ranije opisanih komponenata elektronskih uređaja je u tome što mikrokontroleri mogu da se programiraju, tako da, jednostavno govoreći, jedno isto kolo sa jednim programom može da radi nešto, sa drugim programom nešto sasvim drugo, sa trećim nešto treće...

Najpopularnija, naročito među ljubiteljima elektronike, je familija PIC mikrokontrolera. Njihove glavne prednosti su niska cena (pedeset komada za šesdeset dolara), jednostavno programiranje i ogroman broj različitih informacija na Internetu.

Kao primer koji čitaocima treba da pruži jasnu sliku o ogromnim mogućnostima mikrokontrolera pogledaćemo kolo konstruisno sa mikrokontrolerom GENIE E18, čiji su izgled i raspored nožica prikazani na slici 13.3.

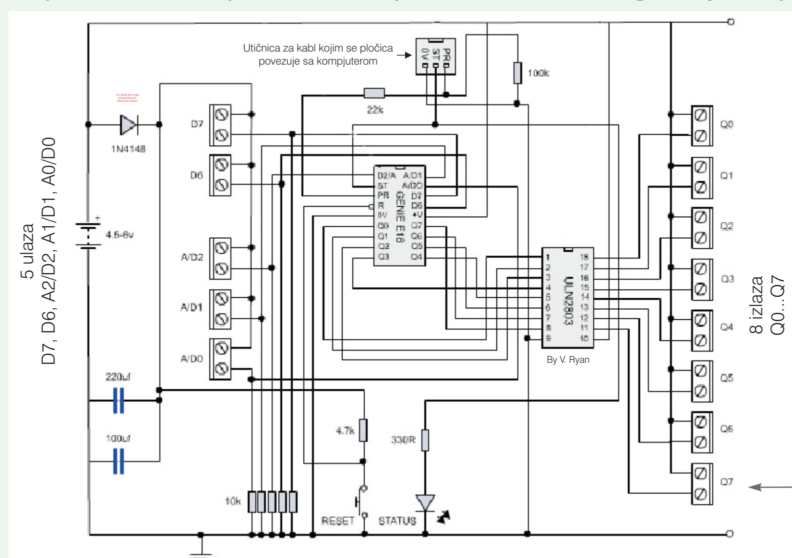
GENIE (Džini) - Duh iz boce

GENIE E18

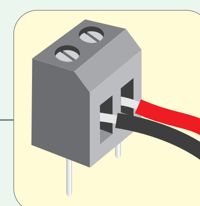
1 - Digitalni ulaz D2 ili analogni ulaz A2
2 - Izlazni signal STATUS
3 - Ulaz za unošenje programa iz računara
4 - RESET - Resetovanje (pokretanje od početka) programa
5 - Negativan kraj baterije za napajanje
6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 i 13 - Digitalni izlazi (Q0...Q7)
14 - Pozitivan kraj baterije za napajanje
15 - Digitalni ulaz D6
16 - Digitalni ulaz D7
17 - Digitalni ulaz D0 ili analogni ulaz A0
18 - Digitalni ulaz D1 ili analogni ulaz A1

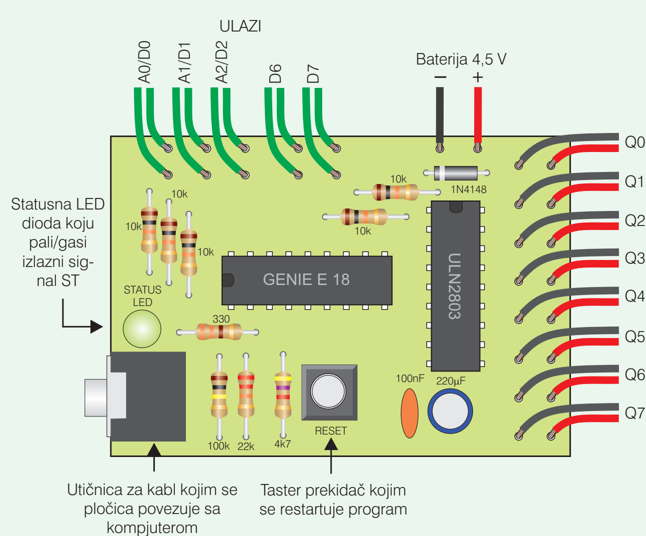
Sl. 13.3. Izgled i raspored nožica GENIE E18

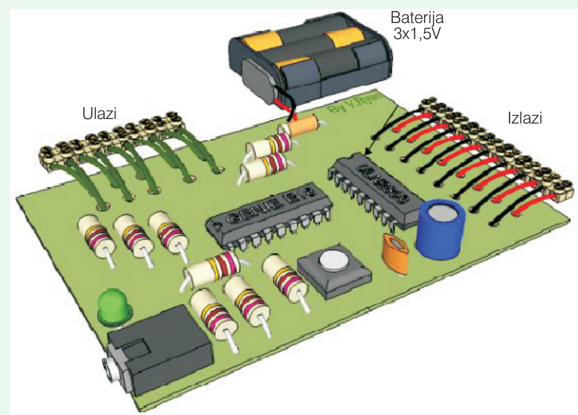
Na ulaze D6 i D7 se priključuju fizičko-električni pretvarači koji rade kao prekidači, tako da je na nožicama 15 i 16 ili logička jedinica (+4,5 V) ili logička nula (0 V). Ovakvi pretvarači mogu da se priključuju i na ostala tri ulaza ali na njih mogu da se priključe i analogni pretvarači kao što su NTC i PTC otpornici, LDR otpornici i slično. Na izlazima Q0...Q7 postoje ili logička jedinica ili logička nula, što se koristi za uključivanje i isključivanje različitih uređaja. Na slici 13.4 je električna šema kompletnog uređaja sa mikrokontrolerom. Kolo zima 25 ULN2803 može da se izostavi, tada se koriste izlazi na GENIE E18. Ali, tada je maksimalna struja na izlazima 25 mA, a ukupna struja svih pinova zajedno 100 mA. To je dovoljno ako se na izlaze priključuju LED diode, bazeri, minijaturni motori i sl. Sa ULN2803 izlazna struja svakog izlaza je 500 mA, što omogućuje priključivanje i potrošača većih snaga.



Sl. 13.4. Mikrokontroler sa GENIE E18



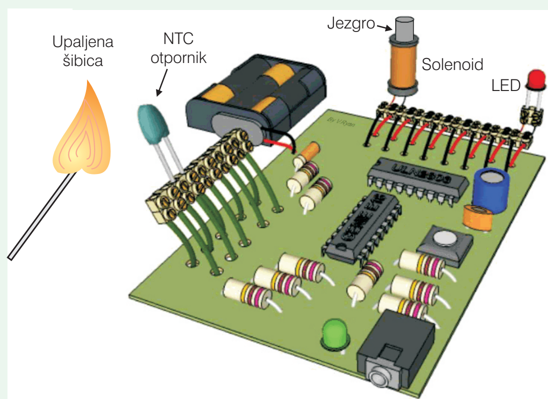




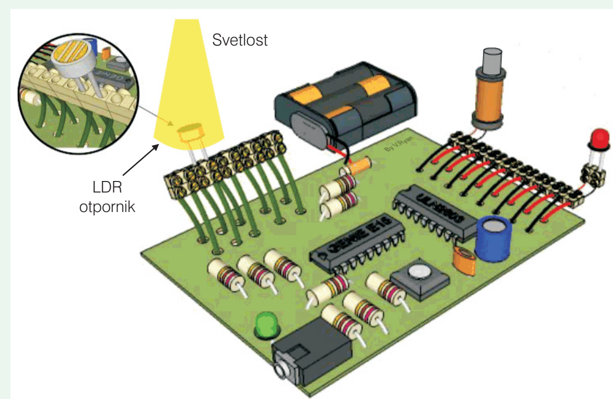
Sl. 13.5. Štampana pločica sa komponentama

Na slici 13.5 je crtež praktične realizacije kola sa slike 13.4. Jedina razlika je u tome što se, umesto priključnih klema koje se montiraju na pločicu, korise tzv. luster kleme.

U primeru na slici 13.6, na ulaz A1/D1 je priključen NTC otpornik. Kada se temperatura poveća, njegova otpornost se smanji, a uređaj, u skladu sa odgovarajućim programom, upali crvenu LED diodu i uvuče kalem solenoida. Ako se umesto solenoida uključi rele, njegovi kontakti se zatvaraju i uključuju neki uređaj (ventilator, sirenu i sl.). Na slici 13.6 slična stvar se događa pri pojavi svetlosti koja smanjuje otpornost LDR otpornika.

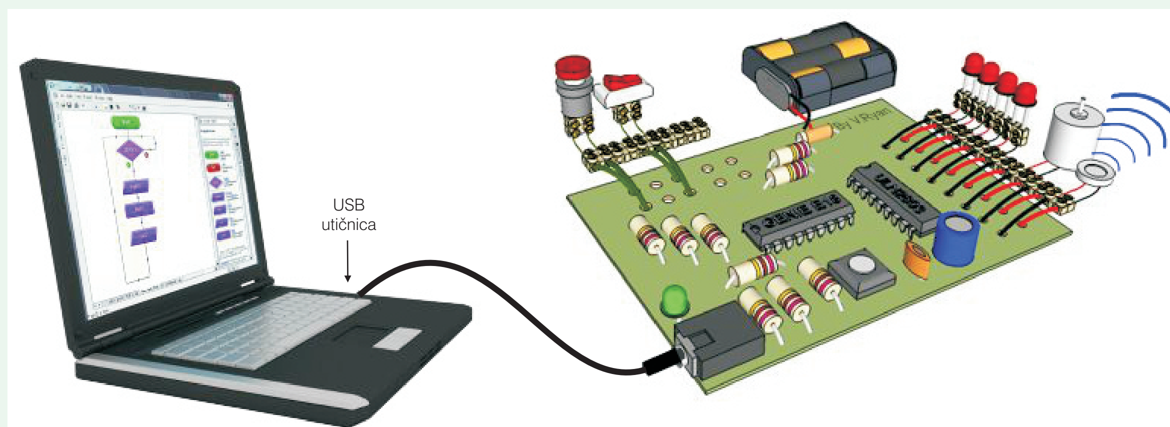


Sl. 13.6. Alarm za porast temperature



Sl. 13.7. Alarm za pojavu svetlosti

Pravljenje programa i njegovo prenošenje u mikrokontroler se obavlja pomoću kompjutera (slika 13.8). Na ulazima mikrokontrolera su dva prekidača koji imitiraju izvore digitalnih signala, a na izlazima četiri LED diode, bazer i mali ektrični motor. Koristi se program CIRCUIT WIZARD koji je naročito pogodan za početnike u programiranju jer se program pravi u obliku dijagrama toka (flowchart). Početak i kraj programa su simbolično



Sl. 13.8. Prenošenje programa sa kompjutera u mikrokontroler

http://www.rapidonline.com/electronic-components/genie-microcontroller-system-kits-18-pin-124896



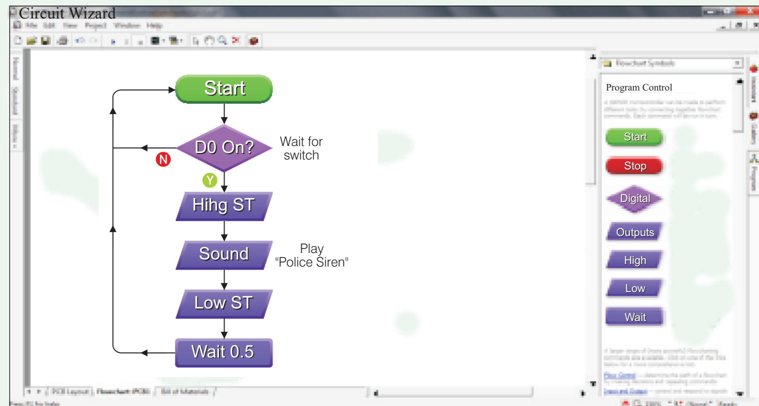
Dobro došli na našu WEB stranu.

Većina slika u ovom poglavlju preuzeta je sa sajta jednog od prodavaca kitova sa mikrokontrolerom GENIE. Kliknite na gornju adresu i pogledajte šta nude. Pogledajte PDF dokumente.

prikazani u obliku ovala, proces u obliku pravougaonika, odlučivanje u obliku dijamanta (romba), ulazno/izlazni procesi u obliku paralelograma i Internet u obliku oblaka. Dijagram toka je mnogo očigledniji od velikog broja linija sa tekstom, kakav je program kod većine drugih programskih jezika, pa se komande lakše pamte, a mogućnost da se napravi greška je manja. Tako, na primer, kada neku komandu iz menija dovučete mišem na radni deo ekrana, klikom na nju otvara se meni sa svim opcijama. (U ostalim programima treba pamtiti te opcije.)

Na slici 13.9 prikazna je radna površina, u kojoj se "piše" program. U desnom delu je otvorena biblioteka Program Control u kojoj su komande i ostale stvari za pravljenje programa. Prevlačenje komandi iz biblioteke na radni deo i povezivanje blokova linijama sa strelicama ostvaruje se mišem.

Na radnoj površini je program (slika je u tom delu zumirana, da bi se lepše videla) koji treba da na jedan od izlaza pošalje zvuk u obliku zvuka policijske sirene, ako sa ulaza D0 dobije signal da je nastala neka alarmantna situacija (provala u stan, požar, poplava u podrumu i sl.) Na ulaz D0 je priključen odgovarajući fizičko-električki pretvarač, koji se, kad nastupi alarmantna situacija, ponaša kao otpornik male otpornosti.

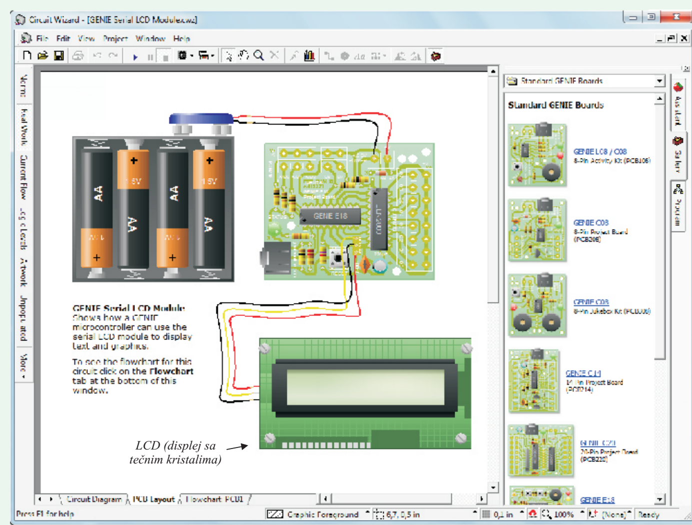


Sl. 13.9. Radna površina i biblioteka Program Control

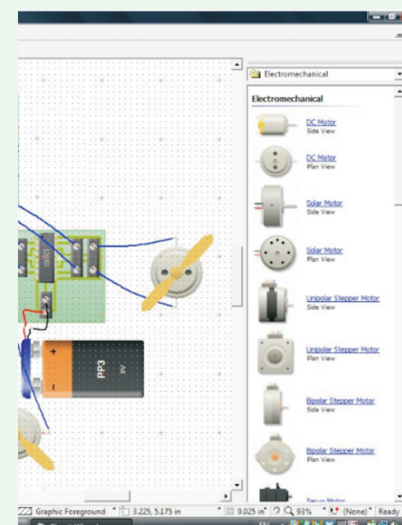
Kada su svi blokovi na ekranu povezani, klikom na svaki od njih otvara se meni u kome se odabere potrebna opcija. Tako je klikom na dijamant odabrna opcija D0 On?, klikom na sledeći romboid High ST, pa Police Siren, Low ST i Wait 0,5.

Program se pokreće tako što se na štampanoj pločici pritisne i otpusti prekidač RESET. U prvom koraku, program stiže u dijamant D0 On ?, u kome se proverava da li sa ulaza D0 stiže logička jedinica (+4,5 V u našem slučaju). Ako ne stiže (No), program se vraća na START i nastavlja da se vrti sve dok iz D0 ne stigne logička jedinica. Kad se to desi (Yes), program prelazi na High ST (LED dioda STATUS se pali), pa nastvlja na Sound (zvuk policijske sirene se šalje na keramički zvučnik priključen na izlaz), Low ST (LED dioda STATUS se gasi), Wait (program pauzira za vreme od 0,5 sekundi, za to vreme zvučnik nastavlja sa svirkom), Start (opet Jovo nanovo, sve dok alarmantna situacija traje).

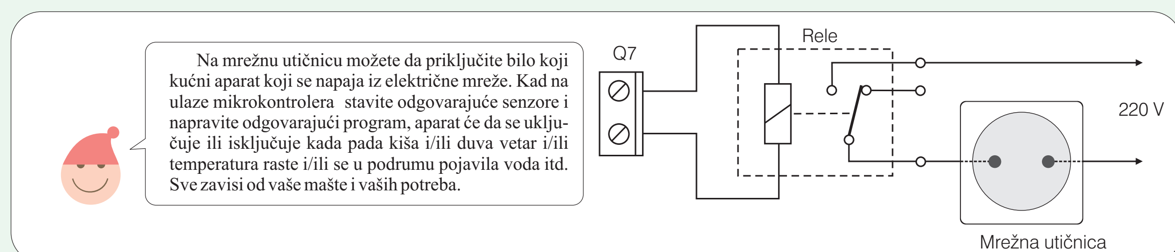
CIRCUIT WIZARD omogućava da se program proveri pre nego što se prebaci u stvarni mikrokontroler. Iz biblioteke Standard GENIE Boards na radnu površinu se dovede odgovarajuća pločica sa komponentama, sa njom se, kao što će biti i sa stvarnim uređajem, poveže odgovarajući uređaj (LED diode, motori, bazeri i sl.). Pokrene se program i posmatra da li je sve u redu. Ako nije, traži se greška u programu, ako jeste, program se učitava u stvarni uređaj. Takav jedan primer je prikazan na slici 13.10, proverava se program koji omogućava da se na LCD pošalje tekst ili grafika. LCD je doveden iz biblioteke u kojoj se nalaze razni pokazivači. Na slici 13.11, na radnoj površini je biblioteka sa elektromehaničkim komponentama (motori, releji i sl.). Jedna od njih, ventilator sa jednosmernim motorom, je povezana sa jednim od GENIE-ovih mikrokontrolera.

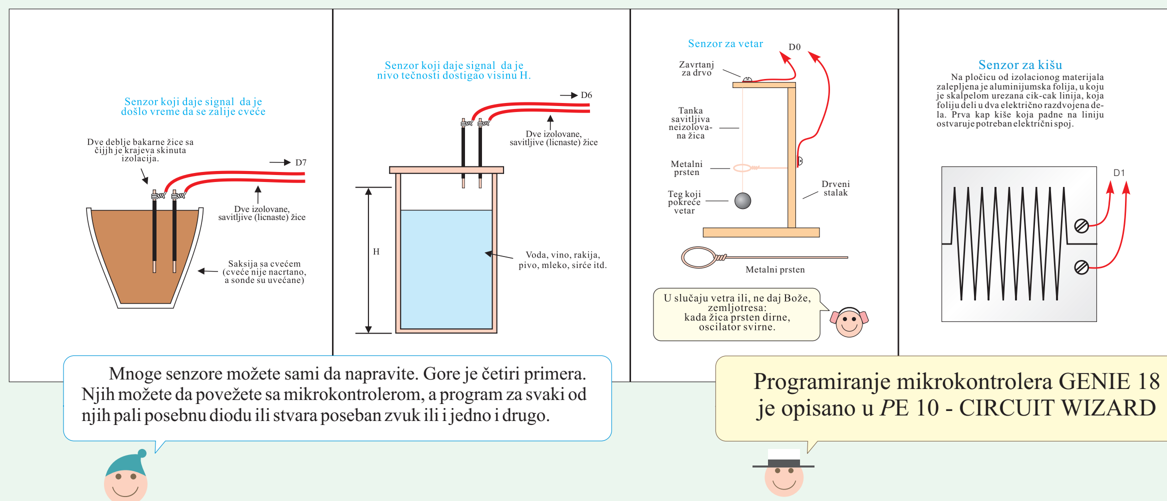


Sl. 13.10. Provera programa koji šalje tekst ili grafiku na LCD

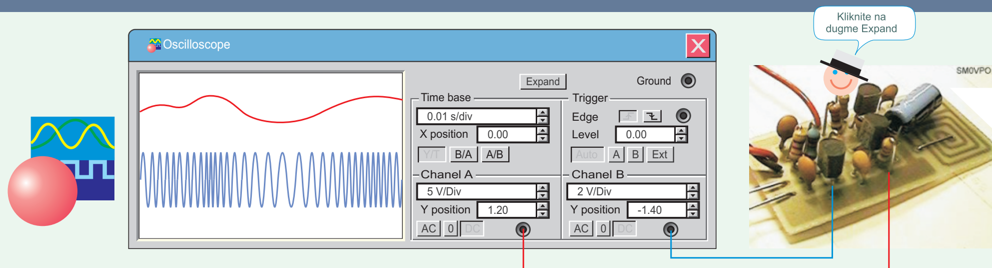


Sl. 13.11. Biblioteka Electromechanical





Electronics Workbench

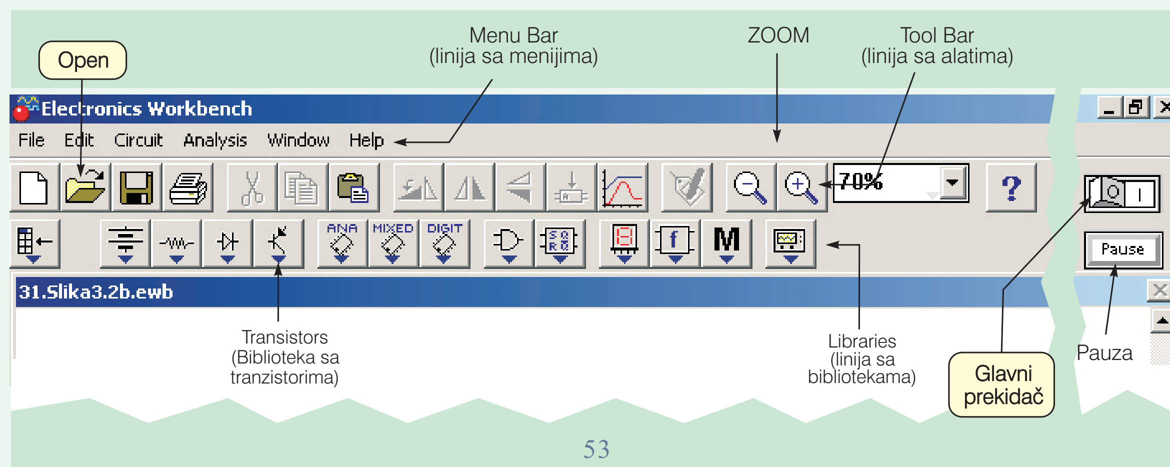


Electronics Workbench (Radni sto za elektroniku, u daljem tekstu EWB) je program za analizu rada različitih električnih i elektronskih kola, koji korisnicima omogućuje da, pre nego što se upuste u nabavku komponenata i praktičnu realizaciju nekog uređaja, izvrše kompjutersku analizu rada tog uređaja i provere da li su njegove karakteristike onakve kakve se očekuju prema prethodnom proračunu i, ako je potrebno, izvrše korekcije električne šeme i vrednosti upotrebljenih komponenata. Na primer, u slučaju ispravljača, EWB omogućuje da se ispravljač detaljno analizira, da se vide oblici i izmere veličine svih napona i struja, izmeri opseg promene izlaznog napona, uticaj promena mrežnog napona i veličine struje potrošača na veličinu izlaznog napona, menjaju komponente i njhove vrednosti itd. Jednostavno, program omogućuje da se na električnoj šemi ispravljača izvrše sve moguće provere i testovi, uključujući i one koje u stvarnosti ne bi smeli da probate zbog opasnosti od trajnog oštećenja komponenata. Ista stvar je i sa ostalim elektronskim uređajima, audio-pojačavačima, radio-prijemnicima, alarmima itd.

Uz svaku od knjiga *Praktične* ELEKTRONIKE (PE1, PE2, PE3...) idu i folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... u kojima se nalaze simulacije električnih šema iz dotične knjige, rađene u EWB-u. Ovi folderi su u folderu EWB SIMULACIJE - PRIMERI na početnoj strani sajta. Uputstvo za korišćenje EWB-a je u knjizi ELECTRONICS WORKBENCH. Ovo mini uputstvo je namenjeno čitaocima koji nemaju vremena da čitaju uputstvo, a žele da pogledaju PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWB...

> Program Electronics Workbench možete da skinete sa Interneta, sa nekog od sajtova koji nude Free Download. Jedan od njih, aktivan u vreme pisanja ovog teksta, je ovaj ispod. Kliknite na:
>
> `http://oprekzone.com/download-ewb-electronic-workbench-5-12-free/`

Dakle, pokrenite program i na upozorenje *Culd not open file* kliknite na dugme *OK*. Na ekranu je slika X. To je virtuelni laboratorijski radni sto na kome se crtaju i analiziraju električne šeme elektronskih uređaja. Zapravo, to je gornji deo stola u kome su linija (polica) sa menijima, linija sa alatima i linija sa bibliotekama.



Kliknite na svaki od menija i proučite šta je "na jelovniku". Stavite vrh kursora na svaku od ikona u liniji sa alatima, sačekajte da se pojavi ime biblioteke pa kliknite i pogledajte šta je u njoj.

Kliknite na ikonu *Open.* Na ekranu se pojavljuje prozor Open Circuit File. Kliknite na Drives i pronađite gde se nalaze folderi PE1-EWB, PE2-EWB, PE3-EWb... . Otvorite folder koji vas interesuje i kliknite dva puta brzo na fajl koji želite da otvorite. Ako, recimo, tako postupite i u PE3-EWB dva puta kliknete na fajl "01.Jednostrani 1.ewb", na ekranu će se pojaviti električna šema jednostranog usmerača. Ako je slika zbrkana, uhvatite za gornji deo prozor Description i pomerite ga na neko zgodno mesto. Isto učinite i sa osciloskopom i, ako je potrebno, sa šemon, tako da dobijete lepu, preglednu sliku. Ako je suviše sitno, zumirajte. Prvo postupite po upustvu u prozoru *Description,* a onda probajte sve šta vas interesuje. Kad završite, ponovo kliknite na ikonu Open pa dva puta na fajl "02.Jednostrani 2.ewb" itd.

Autor savetuje čitaoce da, dok čitaju knjigu (PE1, PE2, PE3...), imaju pred sobom na ekranu monitora šemu o kojoj je reč u knjizi i da postupe po uputstvu iz prozora Description, ali i da probaju sve drugo što im padne na pamet u vezi sa tom šemom.

Ako ste nešto menjali na slici i to što ste napravili želite da sačuvate, kliknite na *File*, pa na *Save As...*, dajte novo ime i snimite ga gde želite. Ako to ne želite, na pitanje *Save changes . . .* kliknite na *No*.

Najčešće korišćeni postupci pri analizi kola iz foldera PEX-EWB su:

* Početak analize - kliknite na glavni prekidač. Zaustavljanje - kliknite na *Pause*.

* Proširenje slike osciloskopa - kliknite na dugme *Expand* na slici osciloskopa. Smanjenje slike - kliknite na dugme *Reduce*.

* Promena vrednosti komponenata (otpornosti, kapacitivnosti, napona izvora itd.) - kliknite dva puta na komponentu pa na dugme *Value*.

* Pomeranje klizača potenciometra - pritisnite na tastaturi na dugme na kome je slovo koje se u nazivu potenciometra nalazi u uglastim zagradama. Pomeranje u suprotnom smeru se ostvaruje tako što se prstom leve ruke pritisne dugme *Shift* a prstom druge ruke dugme u uglastim zagradama.

* Pomeranje komponenata - stavite kursor na komponentu, pritisnete levo dugme, pomerite komponentu i otpustite dugme.

* Brisanje - kliknete na ono što treba obrisati pa pritisnete dugme *Del* na tastaturi.

* Dovodjenje instrumenata na ekran - kliknite na ikonu biblioteke *Instruments,* stavite kursor na željeni instrument, pritisnite desno dugme na mišu, pomerite instrument gde želite i otpustite dugme.

* Povezivanje komponenta - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pritisnete levo dugme i pomerite vrh kursora do vrha druge komponente, tako da se i tu pojavi mali crni krug, i otpustite dugme.

* Povezivanje komponente sa već nacrtanim provodnikom - stavite vrh kursora na kraj priključka komponente, tako da se pojavi mali crni krug, pomerite vrh kursora na provodnik, tako da se i tu pojavi mali krug, i otpustite dugme.

* Opis komponenete - kliknete na komponentu pa na dugme sa znakom pitanja u *Tool Bar*-u.

* Okretanje komponente - kliknete na komponentu pa na dugme *Rotate*, *Flip Vertical* ili *Flip Horizontal* u *Tool Bar*-u.

* Zaustavljanje analize i posmatranje napona na osciloskopu - kliknete na dugme *Pause* (ispod glavnog prekidača) pa na dugme *Expand* (na osciloskopu) i pomerite sliku.

* Merenje napona osciloskopom - pomerite kursor 1 na vreme koje vas interesuje i pričitajte veličinu napona u prozoru "Napon"

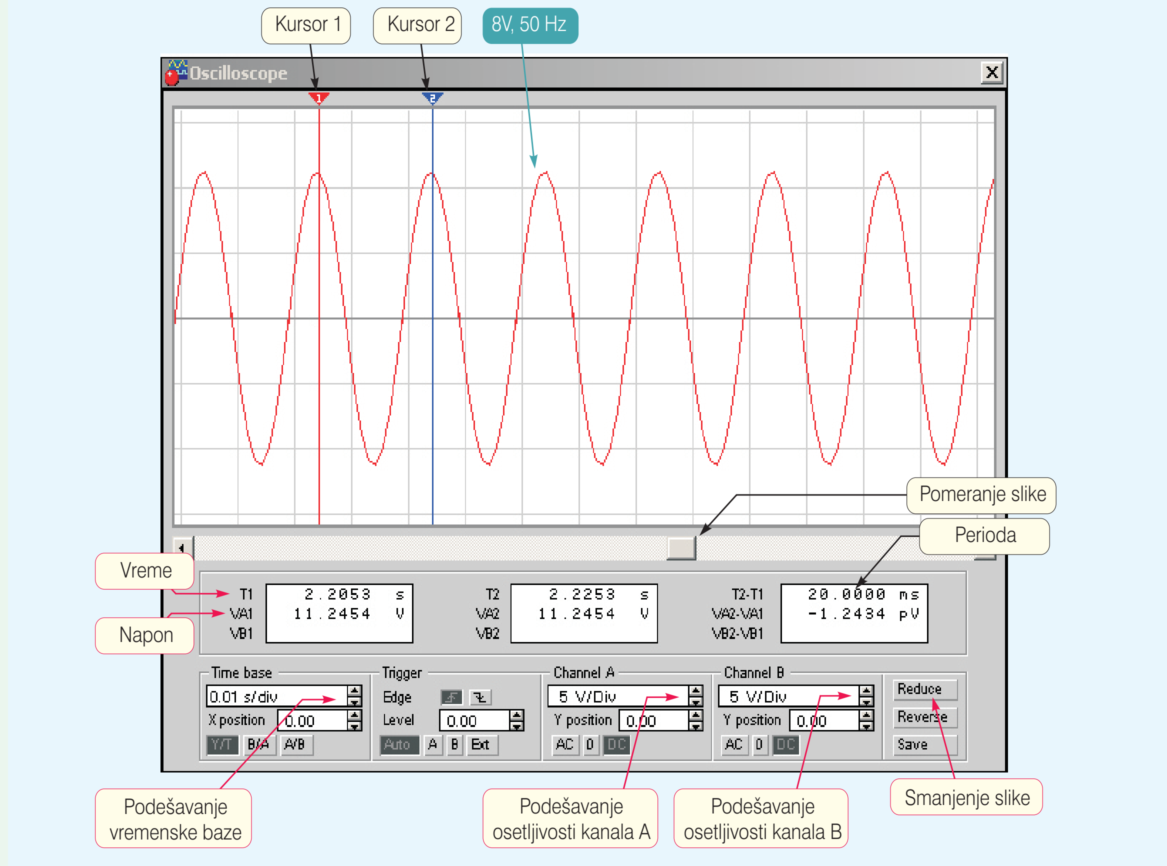
* Merenje učestanosti - podesite kursor 1 na neki maksimum napona, podesite kursor 2 na sledeći maksimum i u prozoru "Perioda" pročitate periodu T. Učestanost se izračuna po obrascu $f = 1/T$.

* Posmatranje talasnog oblika struje osciloskopom - u granu kroz koju teče struja ubacite *I/U* pretvarač (*Current-Contolled Voltage Source* iz biblioteke *Sources*) a na njegov izlaz priključite osciloskop. Napon na izlazu *I/U* pretvarača je istog oblika kao struja.

* Zatvaranje prozora *Description* - kliknite na X u gornjem desnom uglu. Otvaranje - pritisnite istovremeno dirke *Ctrl* i *D*.

* Zatvaranje programa - kliknite na *File* u *Menu Bar*-u pa na *Exit*.

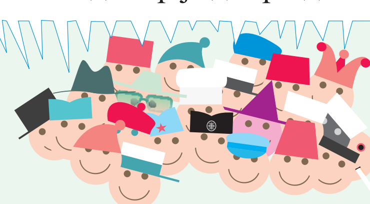
* Upoznavanje sa osciloskopom. U PE1-EWB\Otpornici otvorite fajl "00. Osciloskop.ewb", kliknite na glavni prekidač pa na dugme *Pause*, pa na dugme *Expand* (na osciloskopu). Isprobajte sve što može da se uradi prema oznakama na slici XX.



Slika XX. Proširena slika EWB-ovog osciloskopqa

Ако сте имали неке користи од ове књиге, помозите одржавање и даљи напредак овог сајта. Донирајте колико можете. Погледајте "Како (ако) ако донирати" на почетној страни.

Сваки динар је добро дош'о.





Nostalgija: gore - ETŠ "Nikola Tesla" u vreme kada je autor ove knjige radio u njoj kao profesor predmeta "Radio-prijemnici", u sredini - autor, dole - deo radnog stola u vreme testiranja uređaja

Praktična

ELEKTRONIKA 1

Filipović D. Miomir

KOMPONENTE ELEKTRONSKIH UREĐAJA

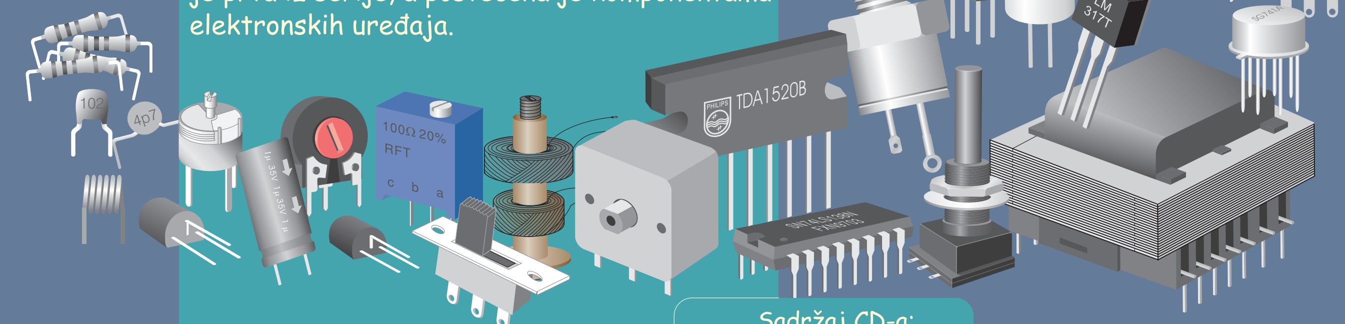


Otpornici, kondenzatori, kalemovi i transformatori, tranzistori i diode, tiristori, trijaci, dijaci, integrisana kola, mikrofoni, zvučnici, slušalice, opto-elektronske komponente, ostale komponente.
Primeri upotrebe i provera ispravnosti kompo

Prednja korica verzije knjige za štampu

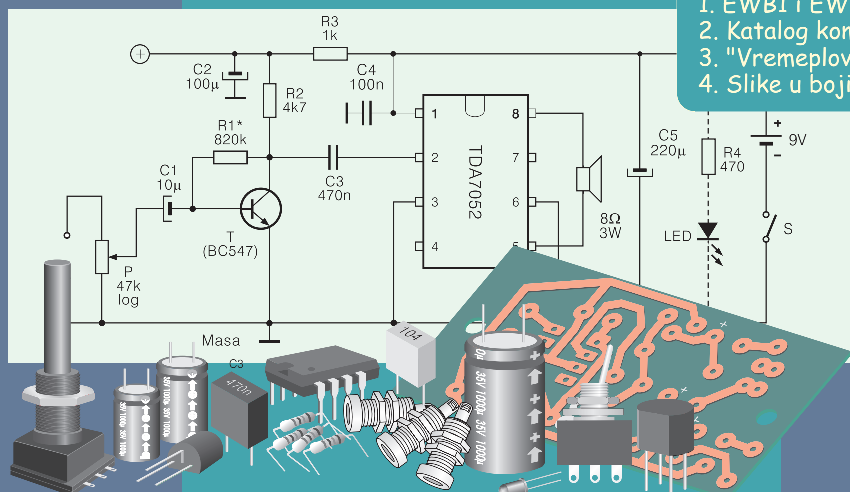


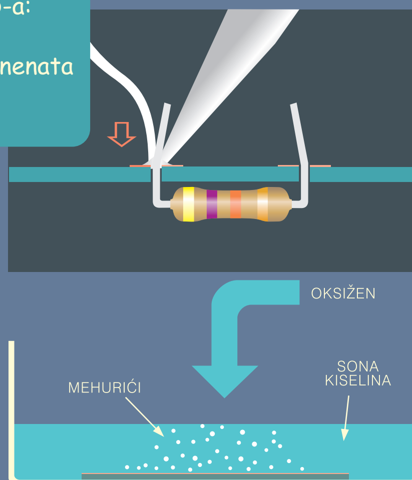
Serija knjiga "Praktična ELEKTRONIKA" je namenjena svima koji žele da sami, svojim rukama, naprave ispravljač, audio-pojačavač, radio-prijemnik, radio-predajnik, alarm i mnoge druge elektronske uređaje. Knjiga koju držite je prva iz serije, a posvećena je komponentama elektronskih uređaja.

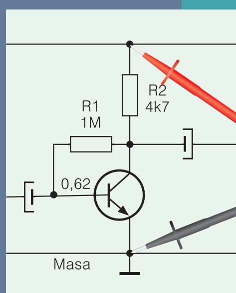


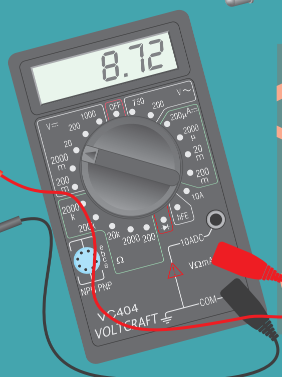
Sadržaj CD-a:

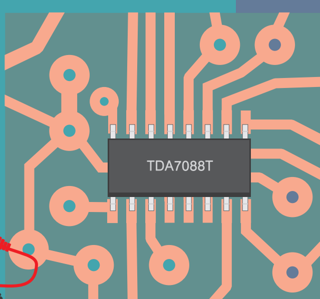
1. EWB1 i EWB2
2. Katalog komponenata
3. "Vremeplov"
4. Slike u boji











Posetite sajt Mikroelektronike i pogledajte našu ponudu knjiga i ostalih proizvoda vezanih za elektroniku

www. mikroelektronika.co.yu

Zadnja korica verzije knjige za štampu



Pogledajte VIDEO klipove
u vezi sa ovom knjigom.

0. Kako čitati knjige i kako koristiti osciloskop
   https://youtu.be/Z6TRjKCw0qQ
   https://youtu.be/CJBS6lDhLeQ

1. *P*E1 - Komponente elektronskih uređaja
   PE1a - EWB - Omov zakon
   https://youtu.be/C8Uweleg5uQ
   PE1b - EWB - Kondenzator
   https://youtu.be/-rq4EF6ZqwE
   PE1c - Komponente, komponente...
   a. PE1ca - Otpornici
      https://youtu.be/MXYS-_oX8LI
   b. PE1cb - Kondenzatori
      https://youtu.be/TDZSZqMUPV0
   c. PE1cc - Kalemovi i transformatori
      https://youtu.be/irTqiHV_WHs
   d. PE1cd - Tranzistori
      https://youtu.be/dAXb-3XYTQM
   e. PE1ce - Diode
      https://youtu.be/jo1xtLW_E8c
   f. PE1cf - Integrisana kola
      https://youtu.be/T5_cClZJL-U
   g. PE1cg - Sve zajedno
      https://youtu.be/5ksJZylMm7w
   h. PE1ch - SMD komponente
      https://youtu.be/s5mdQwyx22E

22. *Praktična* ELEKTRONIKA 2012
   PE 22a - Nije sve u nauci, ima nešto i ...
   https://youtu.be/ErUST5s4GNU